
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 9 2015
Часть 3

ISSN 1812-7339

Журнал издается с 2003 г.

Электронная версия: www.fr.rae.ru

Правила для авторов: www.rae.ru/fs/rules

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 33297

Главный редактор

Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор

Зам. главного редактора

Бичурин Мирза Имамович, д.ф.-м.н., профессор

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.т.н., проф. Бошенятов Б.В. (Москва); д.т.н., проф. Важенин А.Н. (Нижний Новгород); д.т.н., проф. Гилёв А.В. (Красноярск); д.т.н., проф. Гоц А.Н. (Владимир); д.т.н., проф. Грызлов В.С. (Череповец); д.т.н., проф. Захарченко В.Д. (Волгоград); д.т.н. Лубенцов В.Ф. (Ульяновск); д.т.н., проф. Мадера А.Г. (Москва); д.п.н., проф. Микерова Г.Ж. (Краснодар); д.т.н., проф. Пачурин Г.В. (Нижний Новгород); д.т.н., проф. Пен Р.З. (Красноярск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., к.ф.-м.н., проф. Мишин В.М. (Пятигорск); д.э.н., проф. Савон Д.Ю. (Ростов-на-Дону); д.э.н., проф. Макринова Е.И. (Белгород); д.э.н., проф. Роздольская И.В. (Белгород); д.э.н., проф. Коваленко Е.Г. (Саранск); д.э.н., проф. Зарецкий А.Д. (Краснодар); д.э.н., проф. Тяглов С.Г. (Ростов-на-Дону); д.э.н., проф. Титов В.А. (Москва); д.э.н., Серебрякова Т.Ю. (Москва)

Журнал «Фундаментальные исследования» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. **Свидетельство – ПИ № 77-15598.**

Все публикации рецензируются.
Доступ к журналу бесплатен.

Журнал представлен в **Научной электронной библиотеке (НЭБ)** – головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Место в общем рейтинге **SCIENCE INDEX за 2013 год – 207** (из 3009 индексируемых РИНЦ журналов).

Журнал включен в **«Перечень рецензируемых научных изданий»**, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Ответственный секретарь редакции –
Бизенкова Мария Николаевна – +7 (499) 705-72-30
E-mail: **edu@rae.ru**
Почтовый адрес
г. Москва, 105037, а/я 47 АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ,
редакция журнала «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»
Учредитель – МОО «Академия Естествознания»
Издательство и редакция: Издательский Дом «Академия Естествознания»
Типография ИД «Академия Естествознания», г. Саратов, ул. Мамаевой, 5

Подписано в печать 21.10.2015
Формат 60x90 1/8
Технический редактор Кулакова Г.А.
Корректор Галенкина Е.С.
Усл. печ. л. 26,88.
Тираж 1000 экз. Заказ ФИ 2015/9

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ АСУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПРОИЗВОДСТВ СПЕЦХИМИИ <i>Абрамов Д.Г., Звольский Л.С., Кодолов А.В., Попов Ф.А.</i>	407
РОЛЬ МОЛИБДЕНА В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРА СИНТЕЗА МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК <i>Бесперстова Г.С., Буракова Е.А., Дьячкова Т.П., Щегольков А.В.</i>	414
ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЯДЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ <i>Буковецкий А.В., Никиенко А.В.</i>	418
СОПРОТИВЛЕНИЕ МНОГОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ ТИТАНОВЫХ И НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ С УЧЕТОМ АСИММЕТРИИ ЦИКЛА НАГРУЖЕНИЯ <i>Габов И.Г., Котельников А.Н.</i>	423
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕРВИСОВ WEB 2.0 ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ В 6 КЛАССЕ <i>Горшкова Т.А., Шевченко С.М., Гришуткина Н.Г., Пачурин Г.В.</i>	430
ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ПРОТИВОДЕЙСТВИЮ КИБЕРЭКСТРЕМИСТСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СТУДЕНТОВ ВУЗА <i>Доколин А.С., Чернова Е.В., Ганиева Л.Ф., Колобова О.Л.</i>	434
ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ВОЗВРАТНОГО УДАРА МОЛНИИ <i>Думаева Л.В., Езаова А.Г.</i>	440
ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК <i>Дьячкова Т.П., Хан Ю.А., Балыбина Н.Н., Буракова Е.А., Баранов А.А., Орлова Н.В., Рухов А.В.</i>	444
ВЛИЯНИЕ РАЗНИЦЫ СКОРОСТИ ИЗНОСА ПЕРЕДНИХ И ЗАДНИХ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК АВТОМОБИЛЯ НА ДОПУСТИМУЮ ВЕЛИЧИНУ ОТКЛОНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДНИХ И ЗАДНИХ КОЛЁС <i>Ерасов И.А., Молев Ю.И., Стрижак А.Д., Прошин Д.Н.</i>	450
ПРЫГАЮЩИЙ СТРЕКОЗОПОДОБНЫЙ МИНИРОБОТ <i>Ефимов С.В., Поляков Р.Ю., Ворочаева Л.Ю., Яцун С.Ф.</i>	455
КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ СМЕШАННОГО УРАВНЕНИЯ В ОГРАНИЧЕННОЙ ОБЛАСТИ <i>Желдашева А.О., Лесев В.Н.</i>	460
ВЛИЯНИЕ ПОДЪЕМОМ НА МАРШРУТАХ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ <i>Корчажкин М.Г., Кузьмин А.Н., Пачурин Г.В.</i>	464
ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ РАБОЧИХ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА ПРИ НЕРЕГУЛЯРНОМ НАГРУЖЕНИИ <i>Котельников А.Н., Габов И.Г.</i>	470
ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСНЫМ ДВИЖЕНИЕМ МАНИПУЛЯТОРА <i>Лазуткина Н.А.</i>	476

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЗАЮЩЕГО ТРЕХЗВЕННОГО РОБОТА <i>Локтионова О.Г., Мальчиков А.В., Яцун А.С.</i>	481
УЧЕБНЫЙ ПРОЕКТ КАК ОДНА ИЗ ФОРМ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КИБЕРЭКСТРЕМИЗМУ СРЕДИ ШКОЛЬНИКОВ <i>Мовчан И.Н., Чернова Е.В., Чусавитина Г.Н.</i>	486
ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ПОВОРОТА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ОБЪЕКТА НА БАЗЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАФА <i>Морозовский К.В.</i>	491
ГРУППОВОЙ СОСТАВ КИСЛОТ НИЗКОКАЛОРИЙНОГО УГЛЯ <i>Носкова Л.П.</i>	497
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СПЕКТРАЛЬНОМ МЕТОДЕ ДИАГНОСТИКИ МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ <i>Прахов И.В., Бикметов А.Г.</i>	502
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ ПОСЛЕ МГРП С ТРЕЩИНОЙ КОНЕЧНОЙ ПРОВОДИМОСТИ И ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ЗНАЧЕНИЕМ СКИН-ФАКТОРА ДО ИНТЕНСИФИКАЦИИ <i>Саранча А.В., Фаик С.А., Митрофанов Д.А., Огай В.А.</i>	507
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОЙ СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ <i>Сибгатуллин Э.С., Исламов К.Ф.</i>	512
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДА ГРОЗНЫЙ ОТ УГЛЕВОДОРОДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ <i>Усманов А.Х., Гайрабеков У.Т.</i>	517
РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВОСХОДЯЩЕГО ТИПА <i>Федосин А.С.</i>	522
ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16, ПОЛУЧЕННЫХ СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ <i>Чумаевский А.В., Рубцов В.Е., Колубаев Е.А., Тарасов С.Ю.</i>	528
СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА $\text{TiO}_2/\text{Fe}_{1,92}\text{Ti}_{0,61}\text{O}_4/\text{Fe}_2\text{O}_3$ И ЕГО КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА <i>Шабельская Н.П., Зеленская Е.А., Постников А.А., Сулима С.И., Таранушич В.А., Сулима Е.В., Чернышев В.М., Власенко А.И.</i>	532
Экономические науки (08.00.05)	
КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА: ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ <i>Белякова Г.Я., Безруких Д.В.</i>	536
СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ НАУЧНОЙ КАТЕГОРИИ «КАЧЕСТВО» <i>Гладилина И.П., Колесник В.В.</i>	541
ОПТИМАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ИНВЕСТИЦИЙ В НАУКУ В УСЛОВИЯХ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА <i>Гурбан И.А., Тарасьев А.А.</i>	545

ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ РИСКАМИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ	
<i>Егорова Т.Н., Алехина Л.Л.</i>	550
ВНЕДРЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ПРАКТИКУ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ	
<i>Жуков Р.А.</i>	555
ПРОБЛЕМЫ РАНЖИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА	
<i>Исаев И.В., Рогачев А.Ф.</i>	560
ИНДУСТРИЯ ВЕНЧУРНОГО КАПИТАЛА В РОССИИ: ФОРМИРОВАНИЕ ВЕНЧУРНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ	
<i>Каурова Е.Э., Толстель М.С.</i>	565
АМОТИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ (НА МАТЕРИАЛАХ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА)	
<i>Крапивин Д.С.</i>	569
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ ЗАТРАТАМИ ПО УРОВНЯМ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ	
<i>Лоскутова Н.И., Калмакова Н.А.</i>	574
АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНДЕКСА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Маклакова Т.Г., Булатова Т.А.</i>	581
КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ КРЕСТЬЯНСКИХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ	
<i>Потехина Е.Н., Гумарова Ф.З.</i>	588
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КРЕДИТОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	
<i>Топсахалова Ф.М.-Г., Урусова А.Б.</i>	592
ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ РЫНКА ТРУДА	
<i>Хайруллина Н.Г.</i>	597
НОРВЕЖСКАЯ СИСТЕМА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ: ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ФИНАНСИРОВАНИЯ	
<i>Цуцьева О.Т., Икоев В.Т.</i>	601
ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В ИНВЕСТИЦИОННОЙ СФЕРЕ	
<i>Шваков Е.Е., Лазарева Ж.В., Чистякова И.С.</i>	609

CONTENTS
Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

SPECIAL FEATURES AND PROSPECTS OF DEVELOPING ACS OF SPECIAL CHEMICAL PLANTS PROCESSES <i>Abramov D.G., Zvol'skiy L.S., Kodolov A.V., Popov F.A.</i>	407
ROLE MOLYBDENUM IN THE PROCESS OF OBTAINING CATALYSTS FOR THE SYNTHESIS OF MULTI-WALL CARBON NANOTUBES <i>Besperstova G.S., Burakova E.A., Dyachkova T.P., Schegolkov A.V.</i>	414
IMPROVEMENT OF EVALUATION METHODS OF PHYSICAL PROTECTION SYSTEM EFFICIENCY <i>Bukovetskiy A.V., Nikienko A.V.</i>	418
HIGH-CYCLE FATIGUE STRENGTH OF TITANIUM AND NICKEL ALLOYS IN RESPECT OF LOADING – CYCLE ASYMMETRY <i>Gabov I.G., Kotelnikov A.N.</i>	423
APPLICATIONS SERVICES WEB 2.0 IN THE STUDY OF TECHNOLOGY GRADE 6 <i>Gorshkova T.A., Shevchenko S.M., Grishutkina N.G., Pachurin G.V.</i>	430
COMPETENCES FORMATION TO COUNTER CYBER EXTREMISM ACTIVITIES AMONG THE UNIVERSITY STUDENTS <i>Dokolin A.S., Chernova E.V., Ganieva L.F., Kolobova O.L.</i>	434
NUMERICAL MODEL RETURN STROKE OF LIGHTNING <i>Dumaeva L.V., Ezaova A.G.</i>	440
A STUDY OF RAMAN SPECTRA OF FUNCTIONALIZED CARBON NANOTUBES <i>Dyachkova T.P., Khan Y.A., Balybina N.N., Burakova E.A., Baranov A.A., Orlova N.V., Rukhov A.V.</i>	444
THE INFLUENCE OF THE DIFFERENCE IN THE WEAR RATE OF FRONT AND REAR BRAKE PADS CAR ON THE ALLOWABLE VALUE OF THE VARIATION ADHESION COEFFICIENT OF FRONT AND REAR WHEELS <i>Erasov I.A., Molev Y.I., Strizhak A.D., Proshin D.N.</i>	450
DRAGONFLY-LIKE JUMPING MINIROBOT <i>Efimov S.V., Polyakov R.Y., Vorochaeva L.Y., Yatsun S.F.</i>	455
BOUNDARY VALUE PROBLEMS FOR MIXED EQUATIONS IN LIMITED AREA <i>Zheldasheva A.O., Lesev V.N.</i>	460
INFLUENCE OF RISES ON ROUTES OF THE MOVEMENT OF CITY BUSES ON OPERATIONAL INDICATORS <i>Korchazhkin M.G., Kuzmin A.N., Pachurin G.V.</i>	464
FATIGUE EVALUATION OF ROTATING COMPRESSOR BLADES UNDER THE CONDITIONS OF IRREGULAR LOADING <i>Kotelnikov A.N., Gabov I.G.</i>	470
TECHNICAL IMPLEMENTATION OF THE PORTABLE CONTROL MOVEMENT OF THE MANIPULATOR <i>Lazutkina N.A.</i>	476
MATHEMATICAL MODELING OF CRAWLING THREE-LINK ROBOT <i>Loktionova O.G., Malchikov A.V., Yatsun A.S.</i>	481

EDUCATIONAL PROJECT AS A FORM TO COUNTER CYBER EXTREMISM AMONG SCHOOLCHILDREN <i>Movchan I.N., Chernova E.V., Chusavitina G.N.</i>	486
ESTIMATION THE PARAMETERS OF ROTATION SPATIAL OBJECT WITH HOUGH TRANSFORM <i>Morozovskiy K.V.</i>	491
THE GROUPING COMPOSITION OF ACIDS IN LOW-CALORIC COAL <i>Noskova L.P.</i>	497
APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN THE SPECTRAL METHOD OF DIAGNOSTICS OF MACHINE UNITS <i>Prakhov I.V., Bikmetov A.G.</i>	502
DEFINITION OF INCREASING THE PRODUCTIVITY OF VERTICAL WELLS AFTER MASSIVE HYDRAULIC FRACTURING WITH A CRACK OF FINITE CONDUCTIVITY AND THE POSITIVE VALUE OF THE SKIN FACTOR BEFORE STIMULATION <i>Sarancha A.V., Faik S.A., Mitrofanov D.A., Ogay V.A.</i>	507
ESTIMATING THE BEARING CAPABILITY OF CERMET SPHERICAL SHELL <i>Sibgatullin E.S., Islamov K.F.</i>	512
RECOMMENDATIONS FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION REHABILITATION GEOLOGICALLY GROZNY FROM HYDROCARBON POLLUTION <i>Usmanov A.K., Gayrabekov U.T.</i>	517
REGRESSION BOTTOM-UP MODEL FOR RESIDENTAL ELECTRICITY CONSUMPTION <i>Fedosin A.S.</i>	522
EDDY CURRENT APPLICATION FOR DETECTION OF DEFECTS IN ALUMINUM ALLOY D16 (2024) WELDED JOINTS, PRODUCED BY FRICTION STIR WELDING <i>Chumaevskiy A.V., Rubtsov V.E., Kolubaev E.A., Tarasov S.Y.</i>	528
THE SYNTHESIS OF THE COMPOSITE $TiO_2/Fe_{1,92}Ti_{0,61}O_4/Fe_2O_3$ AND ITS CATALYTIC PROPERTIES <i>Shabelskaya N.P., Zelenskaya E.A., Postnikov A.A., Sulima S.I., Taranushich V.A., Sulima E.V., Chernyshev V.M., Vlasenko A.I.</i>	532
Economic sciences (08.00.05)	
THE CLUSTER APPROACH TO ORGANIZATION OF INDUSTRIAL PRODUCTION: THE HISTORY OF FORMATION AND MODERN FEATURES <i>Belyakova G.Y., Bezrukikh D.V.</i>	536
THE ESSENCE AND CONTENT OF THE SCIENTIFIC CATEGORY OF «QUALITY» <i>Gladilina I.P., Kolesnik V.V.</i>	541
OPTIMAL INVESTMENT LEVEL INTO SCIENCE IN TERMS OF PROPORTIONAL ECONOMIC GROWTH <i>Gurban I.A., Tarasev A.A.</i>	545
MANAGEMENT OF INVESTMENT RISK IN INDUSTRIAL ENTERPRISES UNDER UNCERTAINTY INFORMATION <i>Egorova T.N., Alekhina L.L.</i>	550

IMPLEMENTATION ECONOMICS AND MATHEMATICAL OF SOFTWARE PACKAGES INTO THE WORK STATE ADMINISTRATION <i>Zhukov R.A.</i>	555
RANKING PROBLEMS OF FUNCTIONAL SPECIFICATIONS INTERFACE DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE SPHERE OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC MANAGEMENT <i>Isaev I.V., Rogachev A.F.</i>	560
VENTURE CAPITAL INDUSTRY IN RUSSIA: CONFORMATION OF THE VENTURE ECOSYSTEM <i>Kaurova E.E., Tolstel M.S.</i>	565
DEPRECIATION OF FIXED ASSETS: CURRENT STATUS AND POSSIBILITIES FOR IMPROVING (ON MATERIALS OF THE NORTHERN REGION) <i>Krapivin D.S.</i>	569
MODERN PROBLEMS OF MANAGING ENTERPRISE COST LEVELS OF THE ORGANIZATIONAL STRUCTURE <i>Loskutova N.I., Kalmakova N.A.</i>	574
ANALYSIS AND PROGNOSTICATION OF HUMAN DEVELOPMENT INDEX IN TOMSK REGION <i>Maklakova T.G., Bulatova T.A.</i>	581
COMPETITIVE ADVANTAGES OF TAXATION OF PEASANT FARMS IN THE REPUBLIC OF MARI EL <i>Potekhina E.N., Gumarova F.Z.</i>	588
THEORETICAL FOUNDATIONS OF LENDING TO INDIVIDUALS AND THEIR ECONOMIC SECURITY <i>Topsakhalova F.M.-G., Urusova A.B.</i>	592
STATE REGULATION OF THE LABOUR MARKET <i>Khayrullina N.G.</i>	597
THE NORWEGIAN HEALTH CARE SYSTEM: FEATURES OF THE ORGANIZATION AND FINANCING <i>Tsutsieva O.T., Ikoev V.T.</i>	601
THE PROGRAM OF DEVELOPMENT OF THE INVESTMENT POTENTIAL OF INDUSTRIAL ENTERPRISE AS AN INSTRUMENT OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN THE INVESTMENT AREA <i>Shvakov E.E., Lazareva Z.V., Chistyakova I.S.</i>	609

УДК 661.1:004.896

ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ АСУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПРОИЗВОДСТВ СПЕЦХИМИИ

Абрамов Д.Г., Звольский Л.С., Кодолов А.В., Попов Ф.А.

АО «Федеральный научно-производственный центр “Алтай”»,
Бийск, e-mail: pfa2004@mail.ru, abramov.biysk@gmail.com, ovtia.frpc@gmail.com

В работе рассматриваются особенности создания АСУТП современных специальных химических производств. Показано влияние наличия потенциально опасных технологических процессов, являющихся неотъемлемой частью таких производств, на структуру автоматизированных систем управления, на подходы к оценке комплексных показателей безопасности и надежности, а также на особенности построения программы эксплуатации. Представлены наиболее актуальные направления развития таких систем, в том числе обозначены проблемы и особенности построения интеллектуальных и интегрированных АСУ. Описано влияние все больше набирающей популярность интеллектуализации управления на перераспределение функций между общепринятыми уровнями классических иерархических распределенных систем управления. Показана необходимость создания единой универсальной информационной платформы, обеспечивающей интеграцию АСУТП специального химического производства, как базы для построения информационных автоматизированных систем управления предприятием.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, АСУ, АСУТП, спецхимия, опасные технологические процессы, надежность, безопасность, информационные технологии

SPECIAL FEATURES AND PROSPECTS OF DEVELOPING ACS OF SPECIAL CHEMICAL PLANTS PROCESSES

Abramov D.G., Zvol'skiy L.S., Kodolov A.V., Popov F.A.

JSC «Federal Research & Production Center “ALTAI”», Biysk,
e-mail: pfa2004@mail.ru, abramov.biysk@gmail.com, ovtia.frpc@gmail.com

Special features of developing APCS for modern special chemical plants are investigated in this paper. The influence of available potential hazard processes, being integral parts of these plants, on the structure of automated control systems and on the approaches to evaluate complex safety and security is shown. Most actual tendencies of developing these systems, including the problems and features of construction of intellectual and integrated ACS are presented and specified. The influence of more and more popular control intelligence on functions redistribution between generally accepted levels of classical hierarchic distributed control systems is described. The necessity of creating unique universal information platform providing the APCS integration of special chemical plant as a basis for building information automatic systems to control the enterprise is shown.

Keywords: automated control system, ACS, APCS, special chemistry, hazard processes, security, safety, information technologies

Производство специальных химических производств в настоящее время нашла широкое применение не только в оборонной технике, но и в народном хозяйстве. При этом основной отличительной особенностью их реализации, как правило, является наличие в производственном цикле хотя бы одного потенциально опасного технологического процесса (ТП). Такие процессы при определенных условиях способны выходить в аварийные режимы с последствиями различной степени тяжести, поэтому требуют к себе повышенного внимания с точки зрения обеспечения безопасности их протекания. В свою очередь причины возникновения аварийных ситуаций могут быть различными, начиная от отступлений от норм технологического регламента и выхода из строя технологического оборудования, и заканчивая отказами различных элементов систем управления.

Особенности потенциально опасных ТП спецхимии

Наиболее важной отличительной особенностью потенциально опасных ТП спецхимии от других процессов химической технологии является то, что они могут протекать как в режимах *нормального* и *предаварийного функционирования*, так и в режиме *аварийного функционирования*, при котором аварийное состояние (авария) еще не наступило, однако значения опасных технологических параметров находятся в зоне неустойчивости и продолжает накапливаться энергия, достаточная для разрушения технологического оборудования. В данном состоянии ТП уже не реагирует ни на какие управляющие воздействия и, как следствие, нет возможности вернуть его в регламентные границы. Предотвратить аварию можно только путем экстренной остановки или ликвидации процесса: прекратить подачу компонентов, выполнить сброс реакционной

массы в специальную емкость с нейтрализатором и др. [10].

Характер протекания потенциально опасного технологического процесса показан на рис. 1.

гидравлических, массообменных и тепловых процессов, протекающих в реакционных аппаратах, но и свойств системы управления процессом. Стоит отметить, что для некоторых типов потенциально опасных ТП

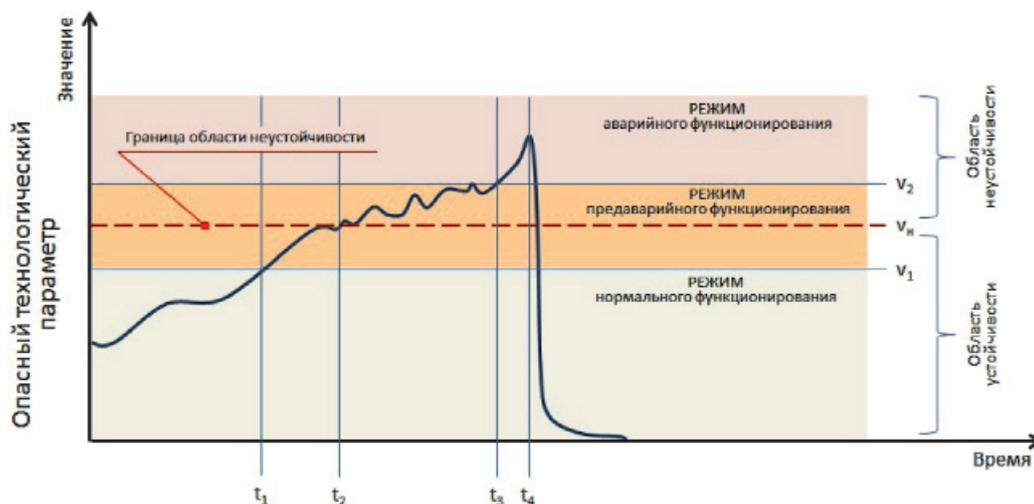


Рис. 1. Пример протекания потенциально опасного ТП

Как видно из рисунка, все множество значений опасного технологического параметра делится на две области: устойчивости и неустойчивости. При нахождении значений параметра в области устойчивости модель протекания переходных процессов в потенциально опасные ТП носит сходящийся характер. При этом, несмотря на то, что сами переходные процессы, возникающие под действием как управляющих воздействий, так и внешних возмущений могут проходить не только в аperiodическом, но и в колебательном режимах, опасный параметр с течением времени приходит в состояние равновесия и принимает установившееся значение. С другой стороны, при переходе потенциально опасного ТП в область неустойчивости (момент времени t_2) любое возмущение приводит к расходящемуся во времени переходному процессу и, как следствие, в ближайшей перспективе к возникновению аварийной ситуации. Поэтому факт приближения значения опасного технологического параметра к границе области неустойчивости свидетельствует о возникновении предаварийного режима функционирования потенциально опасного ТП.

Границы нормального (v_1) и аварийного (v_2) режимов функционирования потенциально опасного ТП определяются исходя из его статических и динамических характеристик, являющихся результатом комплексной оценки не только физико-химических, ги-

недопустим переход опасного технологического параметра в область неустойчивости, поскольку это сразу приводит к аварии, в таком случае граница режима аварийного функционирования выбирается таким образом, чтобы система защиты срабатывала заранее, не дожидаясь возникновения аварийной ситуации.

Надежность и безопасность такого рода процессов существенным образом обусловлены интенсивностью их протекания и снижаются по мере приближения к границе области неустойчивости значений опасных технологических параметров [4, 14]. В свою очередь, понижение текущего уровня безопасности обуславливает повышение вероятности возникновения предаварийных и аварийных состояний, что в итоге может привести к значительным экономическим потерям. При этом рассмотрение безопасности как допустимой опасности, количественной характеристикой которой (мерой) является риск, обеспечивает возможность соответствующих прогнозов и оценок.

К сожалению, реализация данной возможности осложняется рядом обстоятельств, наиболее важным из которых является наличие в ТП операций, управление которыми осуществляется непосредственно оператором в оперативном режиме. Например, при производстве крупногабаритных изделий из смесового композиционного материала наиболее ответственной из таких

операций является так называемая операция поддавливания, выполняемая на заключительном этапе слива подготовленной в смесителе массы методом свободного литья под действием сил гравитации в корпус с установленной внутри формообразующей оснасткой. Основная задача выполнения данной операции заключается в том, чтобы обеспечить нужное количество смеси внутри корпуса изделия, а результатом ошибок оператора является бракованное изделие, дефекты которого в дальнейшем практически невозможно устранить [4].

Стоит отметить, что в целом постановка проблемы повышения безопасности и безаварийности ведения технологических процессов на предприятиях спецхимии не является новой. Эти вопросы в прошлом неоднократно становились объектом исследований, по результатам которых были предложены подходы и методы проектирования, позволяющие уменьшать вероятность возникновения аварийных ситуаций [10].

Одним из таких подходов является переход от периодического потенциально опасного ТП к непрерывному. При этом снижение опасности достигается за счет следующих факторов: объемы реакторов непрерывного действия, как правило, в несколько раз меньше объемов реакторов периодического действия при их равной производительности; снижается количество опасных ситуаций, связанных с остановом и запуском производства; технологические параметры поддерживаются постоянными, что упрощает процедуру управления процессом. К числу основных недостатков данного подхода относится тот факт, что его реализация требует не только значительных материальных и финансовых затрат на техническое перевооружение и реконструкцию объектов капитального строительства, но и проведения предварительных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных, по сути, на создание новой технологии.

При наличии отлаженного действующего производства спецхимии, основанного на использовании периодических потенциально опасных ТП, достижение требуемого уровня безопасности обеспечивается как совершенствованием методов проектирования соответствующих АСУ, так и реализуемых ими методов управления [4].

Комплекс средств автоматизации, применяемый при создании АСУ потенциально опасными ТП спецхимии, как правило, имеет повышенные показатели надежности: среднее время наработки до отказа (наработки на отказ), вероятность безотказного выполнения функции управления и защи-

ты, интенсивность отказов и т.д. При этом высокая скорость развития предаварийного и аварийного состояний при протекании таких процессов предъявляет жесткие требования к инерционным характеристикам датчиков и исполнительных механизмов, используемых в АСУТП, а также к вычислительным возможностям основных, резервных и вспомогательных контроллеров управления.

В структуру АСУ помимо стандартных контуров управления в обязательном порядке включаются контуры и подсистемы автоматической защиты, обеспечивающие контроль и идентификацию предаварийных состояний и соответствующее оперативное воздействие на процесс с целью возвращения его в рабочий режим функционирования. При этом в зависимости от требований к общему уровню безопасности ТП функции защиты могут быть интегрированы в рамках отдельной подсистемы противоаварийной защиты (ПАЗ), что позволяет как упростить процесс создания АСУ в целом, так и повысить ее отказоустойчивость [4, 15].

В идеальном варианте подсистема ПАЗ работает как независимая система и, следовательно, имеет доступ ко всем управляемым элементам оборудования, определяющим и влияющим на безопасность протекания ТП, по «своим» независимым контурам управления, что требует создания в конструкциях аппаратов и инженерных коммуникациях дублируемых контуров управления, включая все сенсорные устройства измерения технологических параметров.

В случае, когда АСУ ТП создаются для существующей аппаратно-технологической схемы производства, где используются конструкции аппаратов, не учитывающие особенностей построения системы ПАЗ, функции противоаварийной защиты встраиваются в основную систему управления и работают параллельно с ней в соответствии с предписаниями технологического регламента.

В первом варианте процесс проектирования системы ПАЗ упрощается, но аппаратно-технологическая схема усложняется за счет усложнения конструкций аппаратов, инженерных коммуникаций и дополнительных единиц технологического оборудования, а также дублирования контуров управления и контроля основных технологических параметров. Программные алгоритмы работы системы строятся таким образом, что при обнаружении системой ПАЗ в результате комплексного анализа динамики изменения основных технологических параметров, возникновения предаварийной

или аварийной ситуации она берет на себя функции управления производственным процессом и самостоятельно управляет всеми техническими, технологическими и системотехническими ресурсами, для выполнения своих функций защиты. После выполнения функций ПАЗ управление может передаваться обратно АСУТП, если есть возможность продолжить ТП, иначе процесс прекращается до выяснения и устранения причин, повлекших за собой возникновение аварийной ситуации.

Во втором случае дублируются только наиболее ответственные функции контроля и управления, отдельные, наиболее критичные контуры управления технологическим оборудованием, но усложняется процесс проектирования и реализации АСУ в целом.

Вопросы оценки надежности АСУТП производств спецхимии

Вопросы определения надежности АСУ потенциально опасными ТП как структурно сложных систем традиционно базируются на функциональном подходе, позволяющем значительно упростить саму процедуру вычисления показателей надежности, обеспечивающем акцентирование внимания разработчика на оценке надежности наиболее критичных и важных узлов системы. Как правило, для каждой функции АСУ потенциально опасным ТП описываются характеристики безотказности и ремонтпригодности. При этом, если каждой функции свойственны несколько видов отказов, имеющих различные причины или значительно отличающихся по последствиям, то такие

отказы рассматриваются отдельно. Сами методы достижения заданных параметров надежности на этапе их априорной оценки для подобного рода систем основаны на использовании различного рода моделей, в т.ч. структурных и логико-вероятностных. Выбор того или иного метода зависит от вида характеристик надежности входящих в систему элементов и их взаимосвязи внутри системы [3, 13, 15].

При этом уровень надежности АСУТП зависит от следующих основных факторов:

- состава, структуры и условий эксплуатации комплекса технических средств;
- качества программного обеспечения системы управления, степени его адекватности потенциально опасному ТП;
- организационной структуры и содержания задач оперативного и обслуживающего персонала, а также уровня его профессиональной подготовки.

Соответственно, на первый план выступают проблемы комплексной оценки надежности рассматриваемых АСУ, проводимой с учетом следующих особенностей их эксплуатации:

- строгое соблюдение графика проведения технического (профилактического) обслуживания элементов системы управления;
- жесткое ограничение срока эксплуатации каждого отдельно взятого элемента системы управления, с заменой его новым, не бывшим в эксплуатации элементом при достижении установленной наработки.

Пример обобщенной модели технического обслуживания АСУТП представлен на рис. 2.

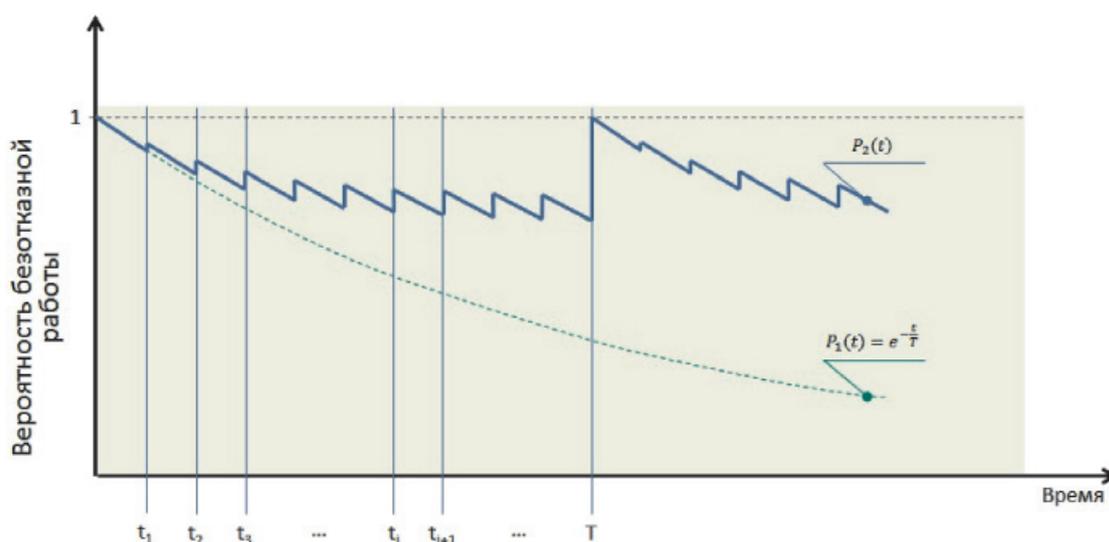


Рис. 2. Модель технического обслуживания потенциально опасного ТП

Функция $P_1(t)$ описывает в общем виде вероятность безотказного выполнения какой-либо условно взятой функции системы, для элементов которой не проводятся профилактические и восстановительные работы в процессе эксплуатации. Для технических систем функция вероятности безотказной работы, как правило, носит экспоненциальный характер [3]:

$$P_1(t) = e^{-\frac{t}{T}},$$

где T – среднее время наработки до отказа (априорная оценка).

Функция $P_2(t)$ представляет собой результат реализации описанной выше стратегии обслуживания АСУ потенциально опасным процессом. Проведение технического (профилактического) обслуживания проводится периодически (моменты времени t_1, t_2 и т.д.) и приводит к частичному восстановлению свойств надежности системы. При этом степень восстановления зависит от доли проверяемого оборудования в общем количестве элементов системы, от которых зависит надежность выполнения данной функции. При достижении фактического времени наработки системы значения T выполняется полная замена элементов, обеспечивающих возможность выполнения рассматриваемой функции, что приводит к полному восстановлению характеристик надежности.

Актуальные направления развития АСУ для производств спецхимии

В соответствии с вышеизложенным является очевидным, что главной задачей при создании АСУ такого рода технологическим процессом является нахождение такого варианта их построения и эксплуатации, который обеспечивал бы достижение заданного значения риска с минимальными финансовыми затратами.

Разрешению данной задачи способствует совершенствование процессов проектирования соответствующих систем управления с применением методов информационной и интеллектуальной поддержек, а также моделирования, что в значительной мере обуславливает актуальность их детальных исследований в контексте рассматриваемой проблемы [1, 7].

Крайне актуальной является минимизация человеческого фактора при управлении ТП, что достигается как созданием соответствующих тренажеров и пользовательских интерфейсов, так и применением интеллектуальных методов автоматизированного управления при выполнении наиболее ответственных, плохо алгоритмизируемых операций

управления. Последнее при построении систем управления в совокупности с адекватной моделью функционирования потенциально опасного ТП и возможностью создания обширной базы знаний позволяет решать задачи по созданию мультикритериальных адаптивных систем управления по комплексным технико-экономическим параметрам в рамках производств спецхимии [2, 11].

Для исполнительных механизмов интеллектуальность в первую очередь будет заключаться в наличии встроенных блоков автоматического регулирования, исключая участие центрального контроллера в процессе поддержания регулируемого параметра, а также систем самодиагностики и прогнозирования износа оборудования.

В итоге такой «интеллектуальный» подход неизменно приводит к перераспределению функций, решаемых на различных уровнях иерархии систем управления потенциально опасными ТП. Приборы и устройства нижнего уровня, равно как и исполнительные механизмы, начинают решать задачи по первичной обработке информации, которые обычно являлись частью функционала контроллеров управления. Это позволяет в значительной степени высвободить вычислительные ресурсы контроллеров для решения сложных и объемных задач моделирования в реальном времени, что несомненно повышает эффективность управления потенциально опасным ТП [8].

В своей основе производство спецхимии – сложный комплекс, представляющий собой последовательность из нескольких ТП (в том числе и потенциально опасных), каждый из которых зачастую представляет собой отдельный объект управления со своей АСУ, технологическими регламентами, обслуживающим персоналом и т.д. Это приводит к тому, что при такой территориально-распределенной структуре в условиях высокой интенсивности производства сложно:

- оперативно проводить единую управленческую политику, направленную на поиск и определение режимов работы технологических фаз, обеспечивающих оптимальное изготовление продукции в реальном масштабе времени в рамках всего производственного цикла, а не локального максимума производительности отдельно взятого участка;

- эффективно решать вопросы среднесрочного управления и планирования, поскольку практически отсутствует возможность реализации подсистем комплексного анализа динамики изменения текущих параметров производства в целом.

Соответственно, актуальной является интеграция локальных систем управления отдельными фазами ТП в рамках комплексных АСУТП (горизонтальная интеграция), с последующим объединением последних с АСУ более высоких уровней (вертикальная интеграция) [4].

На практике это сводится к решению следующих задач:

- построение единого информационного пространства производства на основе использования информационно-вычислительной сети;
- построение единой технологической базы данных реального времени о ходе технологических процессов;
- модернизация математических моделей, используемых в АСУТП каждой фазы производства, в целях унификации интерфейсов взаимодействия с другими системами, поскольку, как правило, они отличаются друг от друга структурами массивов обрабатываемых данных.

Как результат построения интегрированных АСУ потенциально опасными ТП является создание универсальной платформы для эффективной реализации информационных автоматизированных систем управления предприятием, систем поддержки принятия решений, систем планирования использования производственных ресурсов и т.д.

Кроме того, для научно-производственных объединений, где одно и то же производство используется как для выпуска серийных изделий, так и для изготовления опытных образцов вновь создаваемой продукции, особую значимость приобретает объединение АСУ на основе использования технологий информационной поддержки жизненного цикла изделий (CALS-технологий) в рамках единого информационного пространства предприятия в соответствии с формулой <НИР> <ПРОЕКТИРОВАНИЕ> <ИЗГОТОВЛЕНИЕ> <ОТРАБОТКА> [4, 9].

В заключение необходимо отметить, что перечисленные направления работ в полной мере реализуются в АО «Федеральный научно-производственный центр «Алтай»», специализирующемся на создании изделий специальной химии с середины прошлого века. При этом в течение всего периода существования предприятия работы выполнялись с максимальным использованием как отечественного оборудования и программных средств, так и собственных разработок [5, 6, 11, 12]. В настоящее время данный подход при реализации систем управления является

основным, что вполне согласуется с требованиями времени, но требует дополнительных исследований и решений.

Список литературы

1. Абрамов Д.Г., Кодолов А.В., Попов Ф.А. Система противоаварийной защиты процесса кассетного формования малогабаритных изделий из смесового композиционного материала // Компьютерные измерительные технологии: международный симпозиум. – М., 2015. – С. 38–40.
2. Васильев С.Н. От классических задач регулирования к интеллектуальному управлению // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2001. – № 1–2.
3. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных систем. – М.: Энергия, 1977. – 536 с.
4. Жарков А.С., Звольский Л.С., Литвинов А.В., Попов Ф.А. Проблемы создания интегрированных АСУ для производств спецхимии и пути их решения. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2014. – 266 с.
5. Жарков А.С., Потапов М.Г., Звольский Л.С. Современная автоматизированная система управления взрывоопасным технологическим процессом // СТА: современные технологии автоматизации. – 2001. – № 1. – С. 43–46.
6. Звольский Л.С. Логическое резервирование в системах промышленной автоматизации // Вестник ТГУ. – 2007. – № 298. – С. 47–49.
7. Звольский Л.С., Попов Ф.А. Компьютерное моделирование процессов инженерной деятельности при создании систем промышленной автоматизации // Вестник ТГУ. – 2007. – № 300. – С. 134–137.
8. Ицкович Э.Л. Интеллектуальность средств и систем автоматизации // Автоматизация в промышленности. – 2006. – № 6. – С. 3–8.
9. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
10. Обновленский П.А., Мусьяков Л.А., Чельцов А.В. Системы защиты потенциально опасных процессов химической технологии. – Л.: Химия, 1978. – 224 с.
11. Попов Ф.А. Проблемы интеллектуализации пользовательских интерфейсов информационных систем // Ползуновский вестник. – 2004. – № 3. – С. 99–103.
12. Попов Ф.А., Жарков А.С., Филиппов С.А. Диалоговая система для программирования микропроцессорных управляющих устройств на основе КТС ЛИУС-2 // ППО. – 1986. – № 5. – С. 25–70.
13. Смилянский Г.Н., Амлинский Л.З., Баранов В.Я., Барилук А.Е. Справочник проектировщика автоматизированных систем управления технологическими процессами. – М.: Машиностроение, 1983. – 527 с.
14. Тюрин О.Г., Кальницкий В.С., Жегров Е.Ф. Управление потенциально опасными технологиями. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. – 288 с.
15. Федоров Ю.Н. Основы построения АСУТП взрывоопасных производств. В 2-х томах. Методология. Т. 1. – М.: СИНТЕГ, 2006. – 720 с.

References

1. Abramov D.G., Kodolov A.V., Popov F.A. Sistema protivovariyной zashchity protsessа kassetnogo formovaniya malogabaritnykh izdeliy iz smesevogo kompozitsionnogo materiala // Mezhdunarodnyy simpozium «Komp'yuternye izmeritelnye tekhnologii». Moskva. 2015. pp. 38–40.
2. Vasilev S.N. Ot klassicheskikh zadach regulirovaniya k intellektnomu upravleniyu // Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya. 2001. no. 1–2.
3. Druzhinin G.V. Nadezhnost avtomatizirovannykh sistem. M.: Energiya. 1977. 536 p.

4. Zharkov A.S., Zvol'skiy L.S., Litvinov A.V., Popov F.A. Problemy sozdaniya integrirovannykh ASU dlya proizvodstv spetskhemii i puti ikh resheniya. Baysk: Izd-vo Alt. gos. tekhn. un-ta. 2014. 266 p.
5. Zharkov A.S., Potapov M.G., Zvol'skiy L.S. Sovremennaya avtomatizirovannaya sistema upravleniya vzryvoopasnym tekhnologicheskim protsessom // STA: sovremennye tekhnologii avtomatizatsii. January 2001. no. 1. pp. 43–46.
6. Zvol'skiy L.S. Logicheskoe rezervirovanie v sistemakh promyshlennoy avtomatizatsii // Vestnik TGU, no. 298, 2007. pp. 47–49.
7. Zvol'skiy L.S., Popov F.A. Kompyuternoe modelirovanie protsessov inzhenerenoy deyatel'nosti pri sozdanii sistem promyshlennoy avtomatizatsii // Vestnik TGU, no. 300, 2007. pp. 134–137.
8. Itskovich E.L. Intellektual'nost sredstv i sistem avtomatizatsii // Avtomatizatsiya v promyshlennosti. 2006. no. 6. pp. 3–8.
9. Norenkov I.P., Kuzmik P.K. Informatsionnaya podderzhka naukoemkikh izdeliy. CALS-tekhnologii. M.: Bauman Moscow State Technical University, 2002. 320 p.
10. Obnovlenskiy P.A., Musyakov L.A., Cheltsov A.V. Sistemy zaschity potentsialno opasnykh protsessov khimicheskoy tekhnologii. L.: Khimiya, 1978. 224 p.
11. Popov F.A. Problemy intellektualizatsii polzovatel'skikh interfeysov informatsionnykh sistem // Nauchno-tekhnicheskii sbornik «Polzunovskiy vestnik», no. 3, 2004. pp. 99–103.
12. Popov F.A., Zharkov A.S., Filippov S.A. Dialogovaya sistema dlya programmirovaniya mikroprotsessornykh upravlyayuschikh ustroystv na osnove KTS LIUS-2 // PPO. 1986. no. 5. pp. 25–70.
13. Smilyanskiy G.N., Amlinskiy L.Z., Baranov V.Y., Bariyuk A.E. Spravochnik proektirovshchika avtomatizirovannykh sistem upravleniya tekhnologicheskimi protsessami. M.: Mashinostroyeniye, 1983. 527 p.
14. Tyurin O.G., Kalnitskiy V.S., Zhegrov E.F. Upravlenie potentsialno opasnymi tekhnologiyami. M.: Infra-Inzheneriya, 2011. 288 p.
15. Fedorov Y.N. Osnovy postroyeniya ASUTP vzryvoopasnykh proizvodstv. V 2-kh tomakh. Metodologiya. T. 1. M.: SINTEG, 2006. 720 p.

Рецензенты:

Карих В.П., д.т.н., начальник лаборатории АО «Федеральный научно-производственный центр “Алтай”», г. Бийск;

Галенко Ю.А., д.ф-м.н., профессор, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Бийск.

УДК 66.097.6

РОЛЬ МОЛИБДЕНА В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРА СИНТЕЗА МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Бесперстова Г.С., Буракова Е.А., Дьячкова Т.П., Щегольков А.В.

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»,

Тамбов, e-mail: bes.galina@mail.ru

В данной статье описано экспериментальное исследование влияния Мо как промотора на активность Fe-Co-Al катализатора, полученного методом термического разложения солей. Железосодержащие каталитические системы часто используют для синтеза многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ), однако добавление к ним некоторых химических элементов (*V, W, Y* и др.) позволяет менять их каталитическую активность. С целью доказательства эффективности применения Мо в катализаторах синтеза углеродных нанотрубок было изучено влияние его на дисперсный состав и морфологию катализатора. Тестирование полученных образцов катализатора осуществляли в опытно-промышленном реакторе периодического действия с целью определения удельной поверхности и выхода синтезируемых МУНТ. Синтез МУНТ осуществляли методом газофазного химического осаждения (ГФХО). Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что незначительное содержание Мо в каталитической системе влияет не только положительно на качество синтезируемого углеродного наноматериала, но и позволяет существенно увеличить выход.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, промотор, катализатор, синтез

ROLE MOLYBDENUM IN THE PROCESS OF OBTAINING CATALYSTS FOR THE SYNTHESIS OF MULTI-WALL CARBON NANOTUBES

Besperstova G.S., Burakova E.A., Dyachkova T.P., Schegolkov A.V.

Tambov State Technical University, Tambov, e-mail: bes.galina@mail.ru

This article describes an experimental study of influence of the Mo as a promotor on the activity Fe-Co-Al catalyst obtained by thermal decomposition of salts. Iron-containing catalyst system is often used for the synthesis of multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs), but the addition of certain chemical elements (*V, W, Y* et al.) allows to change their catalytic activity. In order to prove the effectiveness of Mo in the catalysts synthesis of carbon nanotubes has been studied its impact on the composition dispersed in the morphology of the catalyst. Testing of the catalyst samples obtained was performed in a pilot reactor of periodic actions for the purpose of determining the specific surface area and yield of synthesized of MWNTs. The synthesis of the MWCNTs was performed by the method of chemical vapor deposition (CVD). Analysis of the obtained data allows to draw a conclusion that a small content of Mo in the catalytic system influence positively not only on the quality of synthesized carbon nanomaterial, but it also significantly increase the yield.

Keywords: carbon nanotubes, promoter, catalyst, synthesis

Часто звучит утверждение, что за нанотехнологиями будущее, и это действительно так. Развитие nanoиндустрии способствует развитию инновационной экономики страны, т.к. многие современные продукты создаются с использованием нанотехнологических процессов и наноматериалов. Особое внимание уделяется углеродным нанотрубкам (УНТ). Для промышленного производства УНТ наиболее предпочтительным является метод ГФХО, в котором катализатор играет ключевую роль, позволяя управлять качеством синтезируемых наноструктур. Катализаторы синтеза УНТ обычно включают в себя: активный компонент и носитель, для повышения каталитической активности систем могут использовать промотор.

В качестве активных компонентов чаще всего выступают Fe, Ni, Co и их бинарные смеси. Авторы работы [2] утверждают, что использование Ni в составе катализатора как активного компонента по сравнению

с Fe позволяет достичь большей графитизации. Каталитическая активность биметаллического катализатора существенно выше катализатора, состоящего из одного металла [6], в работе [11] доказана эффективность применения Co как второго активного компонента Fe-Al₂O₃ катализатора, позволяющего синтезировать УНТ диаметром 10–30 нм с удельным выходом 18,5 г_с/г_{кат}.

Роль носителя в каталитических системах выполняют вещества (MgO, Al₂O₃, SiO₂), препятствующие спеканию частиц активных металлов в плотные агломераты, снижающие выход синтезируемых УНТ. Согласно [5], МУНТ диаметром 20–60 нм и длиной 75 мкм формируются на Fe/Co_{0,6}/SiO_{2,4} и Fe/Mo/MgO катализаторах [1, 4]. Таким образом, выбор носителя в процессе получения катализатора очень важен, он позволяет регулировать размер его зерен.

Промоторами выступают вещества, которые не являются каталитически

активными (Mo, Y, W, La, V). Так, добавление молибдена в роли промотора повышает каталитическую активность Fe независимо от носителя, будь это MgO [12] или Al₂O₃ [10], но использование Mo в сочетании с Co не даёт существенного увеличения выхода УНТ. Природа промотора оказывает значительное влияние на диаметр синтезируемых УНТ, авторы [7] утверждают, что промотирование W катализатора на основе Fe увеличивает диаметр синтезируемых УНТ до 20–130 нм, а Mo – уменьшает до 20 нм. Известно, что на каталитической системе Mo_{0,025}/Co_{0,05}/MgO_{0,975} синтезируются УНТ диаметром 3–10 нм [8]. А применение Co_{2,5}/Fe_{1,0}/Mo_{3,5} катализатора способствует получению двустенных УНТ диаметром 0,7–1,4 нм [7]. Таким образом, правильно подобранный катализатор и условия синтеза позволяют получать нанопродукты с заданными характеристиками [3, 9]. В связи с этим актуальным является создание новых эффективных каталитических систем синтеза УНТ и повышение производительности уже существующих. Целью работы являлось выявление возможности повышения эффективности Fe-Co-Al катализатора синтеза МУНТ путем промотирования его молибденом.

Материалы и методы исследования

В качестве изучаемых образцов катализаторов выступали Fe-Co-Al и Fe-Co-Mo-Al системы, полученные методом термического разложения солей. Оценка дисперсного состава катализаторов производилась с использованием лазерного анализатора частиц «Микросайзер-201». Удельную поверхность катализатора определяли многоточечным методом БЭТ. Эффективность каталитических систем оценивали по удельному выходу МУНТ. Апробацию полученных катализаторов осуществляли в опытно-промышленной установке периодического дей-

ствия (ООО «НаноТехЦентр», г. Тамбов). Синтез МУНТ проводили методом CVD при температуре 650 °С, в качестве рабочего газа использовали пропан-бутановую смесь. Морфологию катализаторов и синтезированных наноматериалов изучали с использованием электронно-сканирующей микроскопии (SEM).

Результаты исследования и их обсуждение

В результате термического разложения нитратов при температуре 500 °С формировались исследуемые катализаторы. Обычно чем больше удельная поверхность катализатора, тем он активнее в процессе, однако активной является не вся поверхность катализатора, а лишь некоторые ее участки (дефекты кристаллической структуры) или так называемые активные центры, на которых непосредственно происходит зарождение и рост нанотрубки. Известно, что диаметр нанотрубок зависит от размера активных центров катализатора, которые в свою очередь зависят от размера его частиц. Поэтому после получения катализаторы подвергали измельчению и определяли дисперсный состав. Результаты диагностики гранулометрического состава исследуемых образцов катализатора представлены на рис. 1.

Анализ полученных данных позволил определить средний размер частиц катализатора Fe-Co-Al – 42 мкм и Fe-Co-Mo-Al – 26 мкм, таким образом, выявив влияние Mo на дисперсный состав катализатора. Fe-Co-Al катализатор имеет большой разброс по гранулометрическому составу от 0 до 150 мкм, основная фракция от 10 до 50 мкм. В свою очередь Fe-Co-Mo-Al катализатор имеет разброс по диаметру в 2 раза меньше (0–60 мкм) с основной фракцией от 10 до 30 мкм.

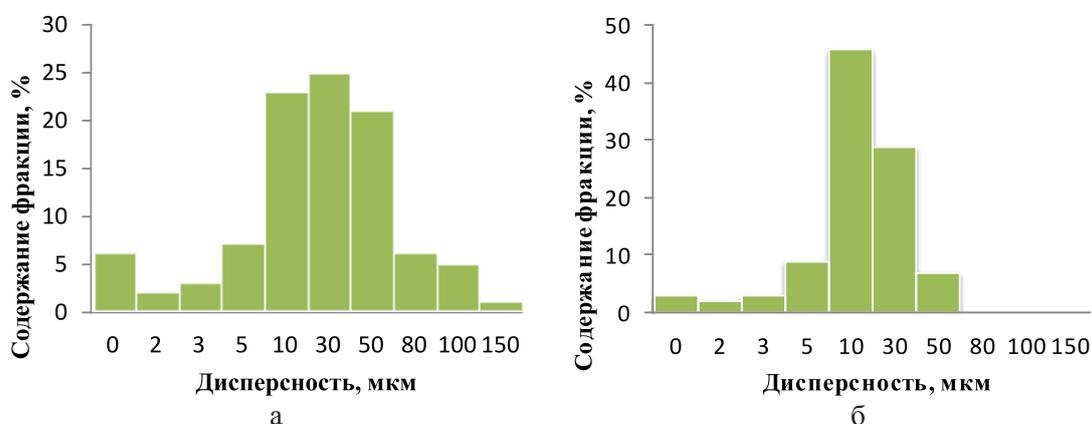


Рис. 1. Дисперсный состав катализатора:
а – Fe-Co-Al; б – Fe-Co-Mo-Al

Эксплуатационные характеристики катализаторов

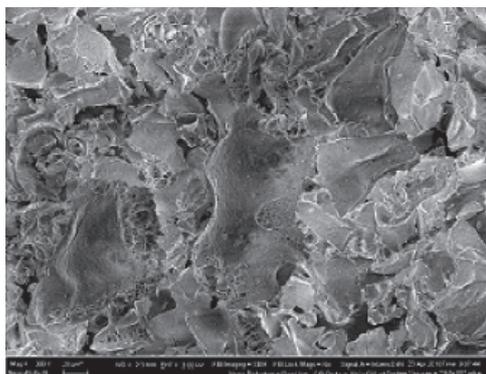
№ п/п	Катализатор	Удельный выход МУНТ, $\text{г}_\text{с}/\text{г}_\text{кат}$	Средний размер частиц катализатора, мкм	Удельная поверхность катализатора, $\text{м}^2/\text{г}$	Среднее значение удельного выхода МУНТ, $\text{г}_\text{с}/\text{г}_\text{кат}$
1	Fe–Co–Al	12,22	42	30,4	11,55
2		10,7			
3		11,74			
4	Fe–Co–Mo–Al	14,3	26	41,1	17
5		15,5			
6		20,7			

Экспериментально выявлено влияние Mo на эксплуатационные характеристики синтезированных образцов катализаторов (таблица). Анализ этих данных позволяет сделать вывод о том, что добавление в качестве промотора Mo к Fe–Co–Al каталитической системе позволяет увеличить удельную поверхность катализатора на 35% и получить более высокодисперсную систему.

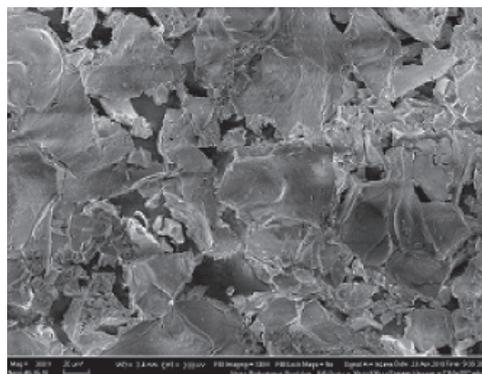
Присутствие Mo в составе катализатора также оказывает воздействие на морфологию полученных образцов катализаторов, что подтверждается SEM изображениями (рис. 2).

Для подтверждения эффективности полученных Fe–Co–Al и Fe–Co–Mo–Al каталитических систем их образцы тестировали в опытно-промышленной установке получения УНТ, значения удельного выхода нанопродукта также приведены в таблице.

Полученные с помощью SEM изображения наноматериала, синтезированного на катализаторах, позволяют определить диаметр наноструктур, наличие аморфного углерода. Так, синтезированный на Fe–Co–Al катализаторе наноматериал представляет собой смесь нановолокон и МУНТ диаметром 5–70 нм (рис. 3).

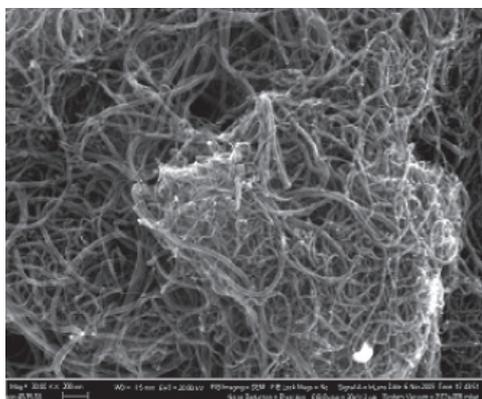


а

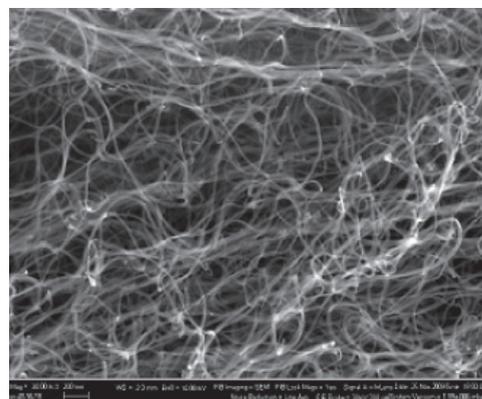


б

Рис. 2. Морфология катализатора: а – Fe–Co–Al; б – Fe–Co–Mo–Al



а



б

Рис. 3. МУНТ, синтезированные на каталитической системе: а – Fe–Co–Al; б – Fe–Co–Mo–Al

Материал, синтезированный на Fe–Co–Mo–Al катализаторе, содержит наноструктуры диаметром 5–50 нм и длиной более 2 мкм, частицы катализатора в образцах не просматриваются. Второй образец наноматериала имеет более упорядоченную морфологию, наименьший разброс по диаметру, нанотрубки менее изогнуты и изломаны.

Помимо улучшения качества наноматериала, при добавлении Mo в катализатор наблюдается увеличение удельного выхода МУНТ на 45 %, что свидетельствует об эффективности его использования в процессе получения Fe–Co–Al каталитической системы в качестве промотора.

Заключение

Результаты проведенных исследований показали, что Fe–Co–Mo–Al каталитическая система является более эффективной по сравнению с Fe–Co–Al. Таким образом, использование Mo в качестве промотора даже в незначительной концентрации весьма целесообразно в процессе получения катализатора. Применение такого катализатора в процессе синтеза УНТ методом ГФХО при одинаковых условиях позволяет существенно увеличить удельный выход УНТ и улучшить качество синтезированного наноматериала.

Работа выполнена в рамках поддержки кооперации российских высших учебных заведений, государственных научных учреждений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства (Постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218 (договор 02.G25.31.0123 от 14 августа 2014 года).

Список литературы

1. Dae-Sup S. Continuous mass production system of carbon nanotubes synthesis and processing / S. Dae-Sup, H. Heon, S.K. Woo, Y.B. Sin, G.C. Bong, B. S. Kwang, L. Haiwon // Journal of Ceramic Processing Research. – 2009. – Vol. 10, № 1. – P. 105–108.
2. Ganiyu S.A. Carbon nanostructures grown on 3D silicon carbide foams: Role of intermediate silica layer and metal growth / S. A. Ganiyu, O. Muraza, A.S. Hakeem // Chemical Engineering Journal. – 2014. – Vol. 258. – P. 110–118.
3. Kulmeteva V.B. Effect of specification catalytic pyrolysis of ethanol vapor on characteristic of carbon nanotubes / V.B. Kulmeteva, I.A. Maltsev // Digital scientific journal. – 2014. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/pdf/2014/6/739.pdf> (дата обращения: 08.06.2015).
4. Liu W.W. Synthesis of Single-Walled Carbon Nanotubes: effect of active metals, catalyst supports, and metal loading percentage / W.W. Liu, A. Aziz, S.P. Chai // Hindawi publishing corporation journal of nanomaterials. – 2013. – P.8: URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/592464> (дата обращения: 06.06.2015).
5. Mageswari S. Simplified Synthesis of Multi-Walled Carbon Nanotubes from a Botanical Hydrocarbon: Rosmarinus Officinalis Oil / P. S. Syed Shabudeen, N. Kanakachalam, S. Karthikeyan // J. Environ. Nanotechnol. – 2014. – Vol. 3, № 2. – P. 62–68.
6. Magrez A. Growth of carbon nanotubes with alkaline earth carbonate as support / J.W. Seo, Cs. Mikó, K. Hernadi, L.J. Forró // Phys. Chem. B. – 2009. – Vol. 109. – P. 10087–10091.
7. Matsumoto K. Synthesis and Raman study of double-walled carbon nanotubes. / K. Matsumoto, T. Murakami, T. Ishiki, K. Kisoda, H. Harima // Diamond & Related Materials. – 2007. – Vol.16. – P. 1188–1191.
8. Ni L. Kinetic study of carbon nanotube synthesis over Mo/Co/MgO catalysts / L. Ni, K. Kuroda, Ling-Ping Zhou, T. Kizuka // Carbon. – 2006. – Vol. 44. – P. 2265–2272.

9. Ohashi M. Synthesis and diameter control of vertically-aligned carbon nanotube growth from Langmuir–Blodgett films deposited Fe₃O₄@SiO₂ core–shell nanoparticles // M. Ohashi, T. Sugawara, K. Kawasaki // Japanese Journal of Applied Physics. – 2014. – Vol. 53. – 02BD09. – P.4.

10. Pradhan B.K. CVD synthesis of single wall carbon nanotubes / B.K. Pradhan, A.R. Harutyunyan, U. J. Ki // Fuel Chemistry Division Preprints. – 2002. – Vol. 47(2). – P. 431–433.

11. Skichko E.A. Experimental study of kinetic regularities of carbon nanotube, nanofiber synthesis via catalytic pyrolysis of gas mixtures of variable composition. / E.A. Skichko, D.A. Lomakin D.A., Y.V. Gavrilov, E.M. Koltsova // Technical Sciences Fundamental Research. – 2012. – № 3. – P. 414–418.

12. Wang G. Preparation and evaluation of molybdenum modified Fe/MgO catalysts for the production of single-walled carbon nanotubes and hydrogen-rich gas by ethanol decomposition / G. Wang, J. Wang, H. Wang // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2014. – Vol.2. – P. 1588–1559.

References

1. Dae-Sup S. Continuous mass production system of carbon nanotubes synthesis and processing / S. Dae-Sup, H. Heon, S.K. Woo, Y.B. Sin, G.C. Bong, B. S. Kwang, L. Haiwon // Journal of Ceramic Processing Research. 2009. Vol. 10, no. 1. pp. 105–108.
2. Ganiyu S.A. Carbon nanostructures grown on 3D silicon carbide foams: Role of intermediate silica layer and metal growth / S.A. Ganiyu, O. Muraza, A.S. Hakeem // Chemical Engineering Journal. 2014. Vol. 258. pp. 110–118.
3. Kulmeteva V.B. Effect of specification catalytic pyrolysis of ethanol vapor on characteristic of carbon nanotubes / V.B. Kulmeteva, I.A. Maltsev // Digital scientific journal. 2014. no. 6; URL: <http://www.science-education.ru/pdf/2014/6/739.pdf> (data obrashhenija: 08.06.2-15).
4. Liu W.W. Synthesis of Single-Walled Carbon Nanotubes: effect of active metals, catalyst supports, and metal loading percentage / W.W. Liu, A. Aziz, S.P. Chai // Hindawi publishing corporation journal of nanomaterials. 2013. pp. 8: URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/592464> (data obrashhenija: 06.06.2015).
5. Mageswari S. Simplified Synthesis of Multi-Walled Carbon Nanotubes from a Botanical Hydrocarbon: Rosmarinus Officinalis Oil / P.S. Syed Shabudeen, N. Kanakachalam, S. Karthikeyan // J. Environ. Nanotechnol. 2014. Vol. 3, no. 2. pp. 62–68.
6. Magrez A. Growth of carbon nanotubes with alkaline earth carbonate as support / J.W. Seo, Cs. Mikó, K. Hernadi, L.J. Forró // Phys. Chem. B. 2009. Vol. 109. pp. 10087–10091.
7. Matsumoto K. Synthesis and Raman study of double-walled carbon nanotubes. / K. Matsumoto, T. Murakami, T. Ishiki, K. Kisoda, H. Harima // Diamond & Related Materials. 2007. Vol.16. pp. 1188–1191.
8. Ni L. Kinetic study of carbon nanotube synthesis over Mo/Co/MgO catalysts / L. Ni, K. Kuroda, Ling-Ping Zhou, T. Kizuka // Carbon. 2006. Vol. 44. pp. 2265–2272.
9. Ohashi M. Synthesis and diameter control of vertically-aligned carbon nanotube growth from Langmuir–Blodgett films deposited Fe₃O₄@SiO₂ core–shell nanoparticles // M. Ohashi, T. Sugawara, K. Kawasaki // Japanese Journal of Applied Physics. 2014. Vol. 53. 02BD09. pp. 4.
10. Pradhan B.K. CVD synthesis of single wall carbon nanotubes / B.K. Pradhan, A.R. Harutyunyan, U. J. Ki // Fuel Chemistry Division Preprints. 2002. Vol. 47(2). pp. 431–433.
11. Skichko E.A. Experimental study of kinetic regularities of carbon nanotube, nanofiber synthesis via catalytic pyrolysis of gas mixtures of variable composition. / E.A. Skichko, D.A. Lomakin D.A., Y.V. Gavrilov, E.M. Koltsova // Technical Sciences Fundamental Research. 2012. no. 3. pp. 414–418.
12. Wang G. Preparation and evaluation of molybdenum modified Fe/MgO catalysts for the production of single-walled carbon nanotubes and hydrogen-rich gas by ethanol decomposition / G. Wang, J. Wang, H. Wang // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2014. Vol. 2. pp. 1588–1559.

Рецензенты:

Арзамасцев А.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой математического моделирования и информационных технологий, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, г. Тамбов;

Литовка Ю.В., д.т.н., профессор, генеральный директор малого инновационного предприятия ООО «Наногальваника», г. Тамбов.

УДК 621.039.58

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЯДЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Буковецкий А.В., Никиенко А.В.

ФГУП «Горно-химический комбинат», Железногорск, e-mail: antaresbav@tpu.ru

Качество создания и функционирования системы физической защиты ядерного объекта должно подтверждаться её оценкой эффективности. Определение показателей эффективности системы физической защиты является одной из наиболее важных задач службы безопасности ядерного объекта, решение которой позволяет выбрать оптимальный вариант построения и совершенствования системы физической защиты с учетом критерия «эффективность – стоимость». На сегодняшний день существует несколько методических подходов к оценке эффективности системы физической защиты ядерного объекта. В настоящей статье рассматриваются возможные пути совершенствования математического аппарата принятой в России методики проведения оценки эффективности систем физической защиты, в том числе способы получения более детального и адаптированного значения времени преодоления нарушителем реально установленных физических барьеров комплекса инженерно-технических средств физической защиты.

Ключевые слова: система физической защиты, оценка эффективности, показатель эффективности, модель нарушителя

IMPROVEMENT OF EVALUATION METHODS OF PHYSICAL PROTECTION SYSTEM EFFICIENCY

Bukovetskiy A.V., Nikienko A.V.

Federal State Unitary Enterprise «Mining and Chemical Combine»,
Zheleznogorsk, e-mail: antaresbav@tpu.ru

Physical protection system (PPS) is created at a nuclear object to prevent unauthorized acts regarding to nuclear materials, nuclear installations, points of storage of nuclear materials and other items under physical protection. PPS is a part of the general system of measures that is implemented at a nuclear plant in order to ensure the safety of nuclear life-cycle activities and the security of nuclear materials. The ability of the PPS to prevent unauthorized actions of intruder was adopted as the main criterion for evaluating the efficiency of the physical protection system. System efficiency is measured by quantitative indicators, reflecting the probability of restraint of the intruder's actions by the security forces, acting on the alarm. The article considers the basic approaches to conducting an efficiency assessment of a nuclear object physical protection system, also the possibility of creation of the intruder analytical model to determine time indicators of overcoming boundaries of protection of nuclear object by an intruder with set features.

Keywords: physical protection system, efficiency assessment, efficiency index, intruder model

Методы оценки эффективности системы физической защиты ядерного объекта

В соответствии с международными обязательствами Российской Федерации в области безопасности и нераспространения ядерных материалов в целях предотвращения диверсий и хищений в отношении ядерных материалов, ядерных установок, пунктов хранения ядерных материалов и других предметов физической защиты (ПФЗ) на всех ядерных объектах (ЯО) Российской Федерации должна обеспечиваться их физическая защита. Согласно российскому законодательству, физическая защита ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов предусматривает единую систему планирования, координации, контроля и реализации комплекса технических и организационных мер. Физическая защита на государственном уровне обеспечивается соответствующими федеральными органами исполни-

тельной власти в пределах их полномочий и эксплуатирующими организациями, на которых реализуется система физической защиты (СФЗ), представляющая собой совокупность персонала физической защиты, осуществляемых им организационно-технических мероприятий, действий и комплекса инженерно-технических средств физической защиты. Обеспечение физической защиты осуществляется на всех этапах проектирования, сооружения, эксплуатации и вывода из эксплуатации ЯО, а также при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами, в том числе при транспортировании ядерных материалов и ядерных установок. Задачами физической защиты на ЯО являются: предупреждение несанкционированных действий; своевременное обнаружение несанкционированных действий; задержка (замедление) проникновения (продвижения) нарушителя; реагирование на несанкционированные

действия и нейтрализация нарушителей для пресечения несанкционированных действий [4].

Реализация основных принципов при проектировании СФЗ ЯО направлена на достижение требуемого уровня эффективности системы, которая определяется её способностью противостоять несанкционированным действиям нарушителей в отношении ПФЗ с учётом выделенных мест, перечня угроз и модели нарушителя для конкретного ЯО. Последние определяются на этапе проведения анализа уязвимости ядерного объекта. Численным значением, характеризующим эффективность СФЗ, является показатель эффективности системы. Его величина определяется в ходе проведения оценки эффективности (ОЭ) СФЗ ЯО на основе данных, полученных в ходе проведения анализа уязвимости ядерного объекта. ОЭ СФЗ направлена на определение качественных и/или количественных показателей эффективности, а также на выявление критических элементов СФЗ. В качестве основного критерия ОЭ СФЗ принимается способность СФЗ пресечь несанкционированные действия нарушителя.

Результаты ОЭ СФЗ должны использоваться для совершенствования СФЗ. Кроме того, изменения в СФЗ объекта и введение компенсирующих организационно-технических мер также должны подтверждаться результатами проведения ОЭ СФЗ.

На сегодняшний день наибольшее распространение получили качественный и количественный подходы к проведению ОЭ СФЗ ЯО [3].

1. Качественный подход связан непосредственно с оценкой состояния реальной СФЗ, существующей на объекте, либо способом проверки СФЗ на соответствие обязательным требованиям нормативных документов по физической защите различных уровней и ведомств, либо с помощью проведения учений и тренировок.

В первом случае предполагается проведение комплексных проверок (инспекций), например, органами государственного надзора или ведомственного контроля. Такие проверки могут проводиться с различной регулярностью (плановые проверки), а также при изменении перечня угроз объекту, модернизации СФЗ и в ряде других случаев (внеплановые проверки). Контролю при этом подвергаются организационные мероприятия, комплекс инженерно-технических средств физической защиты, действия персонала службы безопасности. По своему характеру этот метод является экспертным. Процедура экспертного оценивания может быть построена по-разному. В одних случа-

ях результаты могут интерпретироваться на качественном уровне, в других – на основании полученных данных могут конструироваться интегральные критерии, отражающие состояние СФЗ объекта в целом. С помощью данного метода можно судить, насколько полно выполняются требования к СФЗ на конкретном объекте. Однако он не позволяет учитывать такие факторы, как правильность установки и настройки технических средств физической защиты, организации охраны на объекте, а также пропускного и внутриобъектового режимов и т.д. Свою роль может сыграть и недостаточная компетентность экспертов. Кроме того, выполнение требований нормативных документов не исключает возможность успешного совершения несанкционированных действий нарушителем ввиду несовершенства нормативной базы, как правило не учитывающей индивидуальные особенности конкретного ядерного объекта и особенностей построения СФЗ как организационно-технической системы. Поэтому соответствующая всем требованиям нормативных документов СФЗ (что в реальных условиях является невозможным хотя бы из-за наличия противоречивых требований в различных нормативных документах по физической защите) на практике может оказаться неспособной решать поставленные перед ней задачи.

Формально эффективность СФЗ может быть оценена и в ходе проведения учений и тренировок с учётом выбранных характеристик и параметров нарушителя. В зависимости от поставленных целей и принятых допущений могут быть исследованы самые различные аспекты функционирования СФЗ реального ЯО путём отработки различных сценариев. При этом проведение учений и тренировок является самым достоверным способом ОЭ СФЗ, поскольку позволяет изучить влияние на эффективность СФЗ множества факторов, учёт которых невозможен математическими методами или способом моделирования с помощью различных прикладных программ, при этом максимально исключить влияние субъективного мнения эксперта на результат процесса. Недостатком проведения любых учений и тренировок являются сложность и длительность организации, трудоёмкость и необходимость подключения большого числа человеческих и материальных ресурсов. При этом получаемые данные охватывают лишь незначительную выборку из всех возможных вариантов развития событий, что позволяет использовать для обработки результатов статистические методы лишь после проведения многократных тренировок с обязательным допущением о неизменности начальных условий.

2. В случае количественного подхода эффективность функционирования СФЗ описывается показателями эффективности, представляющими собой числовые значения. Показатель эффективности характеризует вероятность пресечения несанкционированных действий нарушителя силами охраны, действующими по сигналу тревоги, для конкретного ПФЗ или ЯО в целом.

Определение показателя эффективности СФЗ является сложной задачей. Успешность определения показателя эффективности для СФЗ ЯО во многом определяется квалификацией эксперта, который решает эту задачу, а также пониманием им не только требований к СФЗ, но и специфики технологических процессов на ЯО. Количественные подходы к проведению ОЭ СФЗ достаточно распространены в настоящее время, так как учитывают большое количество факторов, влияющих на эффективность СФЗ, а результаты оценки, проведенной с применением количественных методов, являются объективными и наглядными. На сегодняшний день существуют два основных вида количественных подходов к оценке эффективности СФЗ: логико-вероятностные методы и вероятностно-временной анализ.

Теоретическую основу логико-вероятностных методов составляют операции над функциями булевой алгебры. При расчёте надежности исследуются условия нахождения системы в работоспособном состоянии, а при анализе безопасности – условия попадания системы в опасное состояние. Целью исследования является определение степени риска, присутствующего в системе. В качестве основной задаётся логическая функция, описывающая функционирование СФЗ. За степень риска принимается вероятностная величина, характеризующая возможность невыполнения СФЗ своей целевой функции в рамках конкретной проектной угрозы. Структура СФЗ описывается при помощи функций алгебры логики, а количественная оценка степени риска проводится с помощью теории вероятности. Метод даёт обоснованный количественный показатель эффективности СФЗ. Можно рассматривать анализ безопасности как метод многокритериальной оптимизации. К недостаткам данного метода относят, прежде всего, трудоёмкость логико-вероятностных преобразований, а также проблему достоверности вероятностей инициирующих событий. Кроме того, к недостатку этого метода следует отнести значительный объём трудоёмких логических преобразований при анализе сложных сценариев (переход от функции опасного состояния к вероятностной функции).

Вероятностно-временной анализ является основным методом, используемым в настоящее время для оценки эффективности СФЗ. Оценка эффективности СФЗ в данном случае основана на событийно-временном анализе развития конфликтной ситуации в системе «силы охраны – нарушитель» при внешней и внутренней угрозах. Эффективность физической защиты рассматривается здесь как вероятностная величина и определяется как вероятность того, что силы охраны, действующие по сигналам технических средств физической защиты, успеют пресечь акцию нарушителя.

Суть метода состоит в следующем: для пресечения акции внешнего нарушителя проверяется выполнение условия для конкретной оперативной ситуации

$$DT = T_0 - T_n < 0, \quad (1)$$

где T_0 – время действия сил охраны по пресечению несанкционированных действий нарушителя; T_n – время действий нарушителя по совершению акции на ЯО в отношении ПФЗ.

Для этого анализируются маршруты движения нарушителей и сил охраны для каждой из целей, определенных на этапе анализа уязвимости. Оцениваются времена движения нарушителей и сил охраны, относящиеся к различным этапам их действий. Для нарушителя это могут быть время преодоления физических барьеров, время движения по территории объекта, время акции и т.д., для охраны – время сборов, время движения, время осмотра участка периметра, на котором выдало сигнал тревоги средство обнаружения, и др. Понятно, что эти времена являются случайными. Более того, законы их распределения неизвестны.

Объективность и достоверность результатов оценки сильно зависят от точности исходных данных по вероятностям обнаружения нарушителя техническими средствами физической защиты, временам движения охраны и нарушителя, временам преодоления физических барьеров и т.д. Неопределенность исходных данных, часть из которых имеет характер экспертного оценивания, требует достаточно осторожного отношения к результатам расчётов и их интерпретации. Другим недостатком этого метода является значительный объём рутинных вычислительных процедур при анализе СФЗ на реальных ЯО.

Методы оценки эффективности системы физической защиты ядерного объекта в России

Вероятностно-временной анализ был положен в основу ведомственного документа «Системы физической защиты.

Методические рекомендации по оценке эффективности» (МР), действующего для предприятий Государственной корпорации «Росатом». Настоящий документ определяет цели и задачи ОЭ СФЗ, показатели эффективности СФЗ, методологию и основные этапы проведения ОЭ СФЗ, порядок оформления полученных результатов. Эффективность системы оценивается количественными показателями, отражающими вероятность пресечения действий нарушителя силами охраны, действующими по сигналу тревоги.

Показатели эффективности зависят от принятых в процессе анализа уязвимости ЯО угроз, моделей нарушителя и уязвимых мест. Результаты ОЭ, проведённой в соответствии с МР, могут быть представлены дифференциальными и интегральным показателями эффективности. Дифференциальный показатель эффективности учитывает вероятность пресечения акции нарушителя против одной цели. При рассмотрении нескольких сценариев действий нарушителя против выбранной цели дифференциальный показатель эффективности СФЗ для этого уязвимого места ЯО принимается равным минимальному (наихудшему) значению по всем рассмотренным сценариям. Сценарий действий нарушителя, соответствующий минимальному значению вероятности предотвращения акции против выбранной цели, принимается в качестве критического. Интегральный показатель представляет собой усредненный с учётом дополнительных коэффициентов показатель эффективности СФЗ по ЯО в целом.

Элементами маршрута, которые вынуждены преодолевать нарушители различными способами в зависимости от выбранной тактики, являются инженерные средства (в т.ч. физические барьеры), участки открытой местности, элементы строительных конструкций зданий, помещений и сооружений, оборудованные средствами обнаружения и контроля. Преодоление каждого элемента маршрута характеризуется тактикой, способом, временем движения нарушителей и вероятностью их обнаружения техническими средствами физической защиты, персоналом объекта, силами охраны. Далее принимаются меры по перехвату нарушителей, их блокированию и нейтрализации [5].

В качестве основного критерия ОЭ СФЗ в МР принимается способность СФЗ пресечь несанкционированные действия нарушителя. В силу того, что факт пресечения является случайным событием, в качестве показателя эффективности рассматривается вероятность пресечения акции нарушителей $P_{пр}$. В общем случае пресечение может быть

рассмотрено как совокупность событий обнаружения нарушителя средствами СФЗ, его задержки при продвижении к цели совершения несанкционированного действия и последующего реагирования и нейтрализации действий нарушителя. При таком подходе вероятность пресечения несанкционированного действия по отношению к ПФЗ может быть описана формулой [2]:

$$P_{пр} = P_o P_3 P_n. \quad (2)$$

Вероятность своевременного обнаружения несанкционированных действий нарушителя (P_o) определяется в общем случае характеристиками технических средств обнаружения. Она может быть получена из технической документации средств обнаружения и/или на основе имеющейся статистики.

Вероятность задержки и замедления продвижения нарушителя (P_3) представляет собой квантиль случайной величины времени задержки, то есть вероятность того, что задержка t будет не меньше заданной величины (t_3)

$$P_3 = P(t \geq t_3). \quad (3)$$

Вычисление P_3 , как правило, осуществляется с использованием моделирования и требует знания временных характеристик способов преодоления физических барьеров различными типами нарушителей, отличающимися тактикой действия, специальной подготовкой, оснащённостью техническими средствами и т.д.

Вероятность нейтрализации нарушителя силами охраны (P_n) представляет собой квантиль случайной величины, образующейся на срезе реализации случайных функций, определённых как «нейтрализация» в фиксированный момент времени t . Для определения значения P_n обычно используется моделирование на основе специальных программ.

В основу модели функционирования СФЗ, описанной в МР, положен подход к оценке эффективности систем безопасности, при котором рассматриваются возможные сценарии совершения несанкционированных действий и маршруты продвижения нарушителей к местам размещения ПФЗ в охраняемых зонах на объекте. Оценка эффективности СФЗ при внутренней угрозе проводится в предположении, что сценарий действий нарушителя состоит из двух частей: проход с использованием своих полномочий до какой-либо СФЗ и затем «силовой» прорыв. В частном случае второй этап действий нарушителя может отсутствовать.

Реализовать алгоритмы ОЭ СФЗ без использования специализированного

вычислительного и математического инструментария удаётся только для простейших объектов. Для объектов со сложной конфигурацией охраняемых зон, множеством целей оценка может быть произведена только с использованием специализированных компьютерных программ [1].

Выводы

Существующие в настоящее время методики и выполненные на их основе программные средства ОЭ СФЗ ЯО имеют множество допущений, не позволяющих учитывать такие параметры, как индивидуальные особенности ядерного объекта (географическое положение, технология обращения с ПФЗ и т.д.), тактика действий подразделений сил охраны и потенциального нарушителя, которые оказывают существенное влияние на конечный результат аналитической работы. На основании вышесказанного можно сделать вывод о необходимости совершенствования существующих и разработки новых методик по проведению оценки эффективности СФЗ ЯО России, позволяющих учитывать индивидуальные особенности объектов, а также тактику действий и параметры, характеризующие подготовленность нарушителей к совершению акции, а сил охраны – противостоять действиям нарушителей.

Список литературы

1. Бояринцев А.В. Проблемы антитерроризма: категоризация и анализ уязвимости объектов. – СПб.: ЗАО НПП «ИСТА-Системс», 2006. – 252 с.

2. Бояринцев А.В. Проблемы антитерроризма: угрозы и модели нарушителей. – СПб.: ЗАО НПП «ИСТА-Системс», 2008. – 220 с.

3. Гарсия М. Проектирование и оценка систем физической защиты / пер. с англ. В.И. Воропаева, Е.Е. Зудина и др. – М.: Мир, АСТ, 2002. – 386 с.

4. Правила физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов. Утверждены Постановлением Правительства РФ от 19 июля 2007 г. № 456.

5. Fischer R.J., Halibozek E., Walters D. Introduction to Security, 9nd ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 2013.

References

1. Boyarintsev A.V. *Problemy antiterrorizma: kategorirovanie i analiz uязvimosti ob'ektov* [Problems of Antiterrorizm: Categorization and Vulnerabilities Analysis]. Sankt-Peterburg.: ZAO NPP «ISTA-Sistems», 2006.

2. Boyarintsev A.V. *Problemy antiterrorizma: ugrozy i modeli narushiteley* [Problems of Antiterrorizm: Threats and Adversary Types]. Sankt-Peterburg.: ZAO NPP «ISTA-Sistems», 2008.

3. Garcia, M.L. The design and evaluation of physical protection systems. – Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2001, pp. 29–70.

4. *Pravila fizicheskoy zashchity yadernykh materialov, yadernykh ustanovok i punktov hraneniya yadernykh materialov* [Regulations on Physical Protection of Nuclear Materials, Nuclear Facilities and Storage Points]. Utvergdny Postanovleniem Pravitel'stva RF ot 19.07.2007 no. 456.

5. Fischer, R.J., Halibozek, E., Walters, D. Introduction to Security, 9nd ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 2013.

Рецензенты:

Жданов Р.П., д.п.н., профессор, советник генерального директора, ФГУП ГХК, г. Железногорск;

Малый В.П., д.ф.-м.н., профессор кафедры пожарной и аварийно-спасательной техники, ФГБОУ «Сибирская пожарно-спасательная академия государственной противопожарной службы МЧС России», г. Железногорск.

УДК 539.431

СОПРОТИВЛЕНИЕ МНОГОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ ТИТАНОВЫХ И НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ С УЧЕТОМ АСИММЕТРИИ ЦИКЛА НАГРУЖЕНИЯ

¹Габов И.Г., ²Котельников А.Н.

¹ОАО «Авиадвигатель», Пермь, e-mail: gabov-ig@avid.ru;

²Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
e-mail: kotelnikov@avid.ru

Проведены исследования сопротивления многоциклового усталости материалов деталей газотурбинных двигателей. Исследование проводили при воздействии эксплуатационных факторов нагружения – асимметрии цикла и температуры. Описан подход представления результатов усталостных испытаний при различных асимметриях цикла нагружения в виде единой кривой усталости, выраженной через эквивалентные напряжения. Методами регрессионного анализа получены зависимости для описания влияния среднего напряжения цикла нагружения на усталостную долговечность титановых и никелевых сплавов. Построены диаграммы предельных амплитуд цикла нагружения для титановых и никелевых сплавов при различных асимметриях цикла и температурах. Выполнено сравнение экспериментальных диаграмм предельных амплитуд с уравнениями Гудмана и Зодерберга. Полученные зависимости амплитудных значений пределов выносливости от средних напряжений цикла нагружения могут быть использованы для прогнозирования ресурса многоциклового усталости деталей газотурбинного двигателя.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, титановый сплав, никелевый сплав, многоцикловая усталость, асимметрия цикла нагружения, регрессионная модель

HIGH-CYCLE FATIGUE STRENGTH OF TITANIUM AND NICKEL ALLOYS IN RESPECT OF LOADING – CYCLE ASYMMETRY

¹Gabov I.G., ²Kotelnikov A.N.

¹Aviadvigatel OJSC, Perm, e-mail: gabov-ig@avid.ru;

²Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: kotelnikov@avid.ru

This article is concerned with the research of high-cycle fatigue of materials used in gas-turbine engine components. The research has been carried out under the conditions of loading operational factors – asymmetry of loading cycle and temperature. Much attention is paid to the description of a presentation approach to the fatigue tests results at various loading cycle asymmetries. The results are presented in the form of the single fatigue curve expressed through the equivalent stress. Parameters for the description of the mean cycle stress influence on titanium and nickel alloys fatigue lives have been obtained by means of regression analysis. The diagrams of limit cycle amplitudes for titanium and nickel alloys under various temperatures and loading-cycle asymmetries have been designed. Experimental Haigh diagrams have been compared with Goodman and Soderberg fatigue equations. Received fatigue margin peak values vs mean fatigue stress parameters can be used for prediction of the gas-turbine engine components fatigue life.

Keywords: gas turbine engine, titanium alloy, nickel alloy, high-cycle fatigue, loading – cycle asymmetry, regression model

Большое количество отказов газотурбинных двигателей (ГТД) на этапе доводки и эксплуатации связано с усталостными дефектами [4]. Характеристики многоциклового усталости, которые во многом определяют надежность и долговечность деталей, лежат в основе обеспечения безопасности эксплуатации воздушного судна с ГТД. Сопротивление усталости конструкционных материалов деталей газотурбинных двигателей зависит от многих технологических и эксплуатационных факторов, в т.ч. от асимметрии цикла нагружения (среднего напряжения в цикле) [2, 3, 6].

Цель настоящей работы состоит в получении зависимостей, пригодных для описания влияния асимметрии цикла нагружения

или среднего напряжения цикла нагружения на характеристики сопротивления усталости титановых и никелевых сплавов.

Влияние среднего напряжения на характеристики усталости

Данные об усталостном разрушении при воздействии статических нагрузок могут быть получены по результатам усталостных испытаний, проведенных при постоянном среднем напряжении для всей партии образцов или при испытаниях образцов с постоянным значением асимметрии цикла нагружения.

Нагружение при усталостных испытаниях с асимметрией цикла, характеризуется коэффициентом асимметрии цикла $R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$. Минимальное σ_{\min} и максимальное σ_{\max}

напряжения можно определить через комбинацию средних напряжений σ_m и амплитуды σ_a напряжений [1]:

$$\sigma_{\max} = \sigma_m + \sigma_a; \quad (1)$$

$$\sigma_{\min} = \sigma_m - \sigma_a. \quad (2)$$

Амплитуда σ_a и средние напряжения σ_m цикла связаны с коэффициентом асимметрии следующими зависимостями [1]:

$$\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})/2 = \sigma_{\max} \cdot (1 - R)/2; \quad (3)$$

$$\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2 = \sigma_{\max} \cdot (1 + R)/2. \quad (4)$$

Известно несколько способов представления зависимости предела выносливости от средних напряжений в цикле. Наиболее полно и просто представление о зависимости предела выносливости материала при асимметричном цикле дают диаграммы предельных амплитуд цикла нагружения [1, 2].

Диаграмма предельных амплитуд цикла – зависимость амплитуды напряжений σ_a от среднего напряжения цикла σ_m для определенной (заданной) долговечности N . В практике инженерного анализа принято использовать следующие формы диаграммы предельных амплитуд: параболу Герберга, прямую Гудмана и прямую Зодерберга [1, 4]. В первом случае значения предела прочности при растяжении σ_b и предела выносливости при симметричном нагружении σ_{-1} соединены параболической зависимостью. Прямая Гудмана представляет собой линейную зависимость, также проходящую через значения предела прочности при растяжении σ_b и предела выносливости при симметричном нагружении σ_{-1} . Для материалов деталей ГТД, эксплуатируемых при повышенных температурах, обычно используют модифицированную зависимость Гудмана, где вместо предела прочности при растяжении σ_b следует брать предел длительной прочности σ_{dl} . Прямая Зодерберга в отличие от линии Гудмана пересекает ось средних напряжений в значении предела текучести материала σ_T . Для сравнения свойств различных материалов и анализа влияния различных факторов на сопротив-

ление усталости материалов при асимметричном нагружении используют диаграммы предельных амплитуд в относительных координатах: σ_m/σ_b и σ_a/σ_{-1} .

Другим подходом к описанию зависимости сопротивления усталости материалов от среднего напряжения в цикле нагружения является использование соотношений, предложенных Smith, Watson, Topper (SWT) или Walker [7]. Уравнение SWT определяет переход от результатов усталостных испытаний при различных асимметриях цикла нагружения R к эквивалентным напряжениям:

$$\sigma_{eq} = \sigma_{\max} \cdot ((1 - R)/2)^{0,5}, \quad (5)$$

где σ_{eq} – эквивалентные напряжения.

При $R = -1$ эквивалентные напряжения σ_{eq} , определяемые по формуле (5), равны максимальным σ_{\max} при данном цикле нагружения. Результаты испытаний при других асимметриях цикла нагружения приводятся к симметричному циклу. Для уравнения SWT коэффициенты приведения составляют 0,5 для цикла с $R = 0,5$ и 0,707 для цикла с $R = 0$.

Лучшее, по сравнению с выражением (5), соответствие экспериментальным данным показывает зависимость Уокера (Walker) [7]:

$$\sigma_{eq} = \sigma_{\max} \cdot ((1 - R)/2)^\gamma. \quad (6)$$

Как видно из сопоставления выражений (5) и (6), отличием уравнений SWT и Уокера является параметр γ , определяемый по результатам усталостных испытаний.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований являлись образцы из различных материалов, применяемых для изготовления деталей газотурбинных двигателей (табл. 1).

Определение характеристик сопротивления МнЦУ при нормальной и повышенной температурах выполнено на пропорциональных цилиндрических образцах с плавным сопряжением головок (корсетные образцы) и цилиндрических образцах с концентраторами напряжений – V-образной кольцевой выточкой.

На конечном этапе изготовления корсетные образцы подвергались шлифовке и полировке в осевом направлении до выведения поперечных рисков, видимых при $20\times$ увеличении. V-образный концентратор напряжений в образце выполнен точением при помощи резца специальной формы за один проход.

Таблица 1

Исследуемые материалы и условия испытаний

Материал	Полуфабрикат	K_t	Условия испытаний	
			$T, ^\circ\text{C}$	R
BT25У	Поковка диска	1,0	550	-1; 0; 0,5
BT6	Пруток	3,35	20	-1; 0; 0,5
ЭИ698-ВД	Поковка вала	1,0	20, 500	-1; 0; 0,5
ЭП718-ИД	Кольцо раскатное	1,0	20	-1; 0; 0,5

Испытания образцов из титановых и никелевых сплавов при нормальной и повышенной температурах на сопротивление МнЦУ проведены на установках резонансного типа Testronic-50 швейцарской фирмы «RUMUL», позволяющих испытывать образцы в условиях симметричного и асимметричного растяжения-сжатия. Нагрев образцов осуществлялся высокотемпературной печью тип STE-12 Н. Резонансная испытательная машина Testronic-50 представляет собой механическую колебательную систему, состоящую из подпружиненных масс. Образец также является упругой частью системы. Испытания образцов проведены при частотах колебаний $f = 120 \dots 140$ Гц. В процессе испытаний на образцах задавалась статическая составляющая (среднее) напряжения σ_m , далее прикладывались напряжения, меняющиеся по синусоиде с амплитудой σ_a .

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты испытаний на усталость при различных асимметриях цикла нагружения образцов из сплавов ВТ25У, ВТ6, ЭИ698-ВД и ЭП718-ИД представлены на рис. 1.

Кривые усталости представлены в графическом и аналитическом видах. Графические кривые усталости изображены в полулогарифмических координатах ($\lg \sigma_{\max} - \lg N$) для каждого коэффициента асимметрии цикла нагружения R . Для аналитического описания единой для разных асимметрий циклов нагружения кривой усталости материалов использовано уравнение Вейбулла [5] в эквивалентных напряжениях:

$$\lg N = A1 + A2 \cdot \lg(\sigma_{eq} - A4); \quad (7)$$

$$\sigma_{eq} = \sigma_{\max} \cdot ((1 - R)/2)^{A3},$$

где N – циклическая долговечность образцов; $A1, A2$ – коэффициенты; $A4$ – предел «неограниченной» выносливости материала, выраженный в эквивалентных напряжениях, $\sigma_{eq} > A4$; $A3$ – параметр выражения Уокера γ для эквивалентных напряжений.

Адекватность принятой модели усталостной долговечности оценивалась по результатам корреляционного и регрессионного анализа и анализа остатков регрессии ϵ_i :

$$\epsilon_i = \lg N_i - \lg N_{cp}, \quad (8)$$

где $\lg N_i$ – значение логарифма долговечности, определенной по результатам испытаний i -го образца (опытные значения); $\lg N_{cp}$ – значение логарифма усталостной долговечности, определенное по уравнению регрессии (предсказанные значения).

При поиске наилучшей регрессионной модели руководствовались следующими требованиями:

- регрессионная модель должна объяснять не менее 80% вариации значений логарифма долговечности, т.е. коэффициент детерминации R^2 должен быть $R^2 \geq 0,8$;

- остатки регрессии ϵ_i не должны иметь значимой автокорреляции ($r < 0,5$ – связь слабая, $r < 0,3$ – связь отсутствует [5]);

- сумма остатков регрессии равна нулю (отличие от нуля в третьем знаке после запятой);

- остатки регрессии нормально распределены (удовлетворяют критерию Шапиро – Уилка [5] для уровня значимости $\alpha = 0,05$). Результаты анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты регрессионного анализа данных усталостных испытаний при трех режимах асимметрии цикла нагружения $R = -1; 0; 0,5$

Материал	$T, ^\circ\text{C}$	Коэффициенты уравнения	R^2	r	$ \sum \epsilon_i $	$W (W_{кр}, \alpha = 0,05)$
ВТ25У	550	A1, A2 A3 = 0 A4 = 0,43	0,88	0,02	0,0017	0,924 (0,901)
ВТ6	20	A1, A2 A3 = 158 A4 = 0,565	0,92	0,32	0,00001	0,966 (0,874)
ЭИ698-ВД	20	A1, A2 A3 = 369 A4 = 0,39	0,93	0,20	0,0004	0,927 (0,897)
	500	A1, A2 A3 = 224 A4 = 0,7	0,93	0,15	0,0007	0,977 (0,897)
ЭП718-ИД	20	A1, A2 A3 = 334 A4 = 0,46	0,79≈0,8	0,13	0,0009	0,976 (0,918)

Принятые модели усталостной долговечности хорошо описывают экспериментальные данные усталостных испытаний при трех асимметриях цикла нагружения $R = -1; 0; 0,5$. Для всех исследуемых сплавов коэффициент детерминации выше или равен минимальному значению $R^2 \geq 0,8$ (минимальное значение $R^2 = 0,8$ отмечено у регрессионной модели, описывающей результаты испытаний на уста-

лость образцов из сплава ЭП718-ИД). Остатки регрессии без значимой автокорреляции (для моделей усталостной долговечности сплавов ВТ6 и ЭИ698-ВД (при $T = 20^\circ\text{C}$) наблюдается слабая автокорреляционная связь, для сплавов ВТ25У, ЭИ698-ВД (при $T = 500^\circ\text{C}$) и ЭП718-ИД связь отсутствует), нормально распределены (табл. 2) и без систематической составляющей.

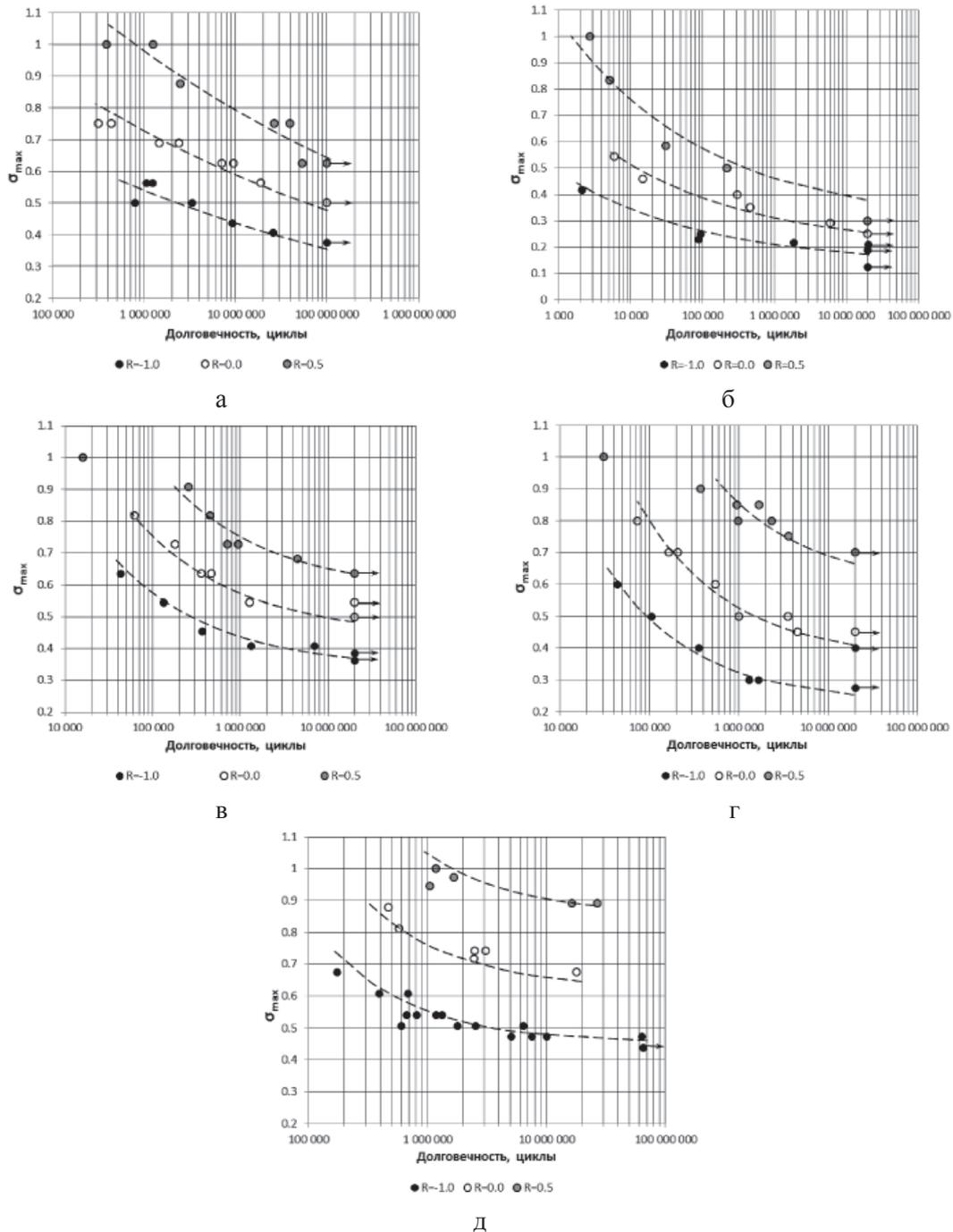


Рис. 1. Кривые усталости при различных коэффициентах асимметрии цикла исследуемых сплавов: а – ВТ25У ($T = 550^\circ\text{C}$); б – ВТ6 ($K_t = 3,35$, $T = 20^\circ\text{C}$); в – ЭИ698-ВД ($T = 20^\circ\text{C}$); г – ЭИ698-ВД ($T = 500^\circ\text{C}$); д – ЭП718-ИД ($T = 20^\circ\text{C}$). Стрелкой отмечены неразрушившиеся образцы

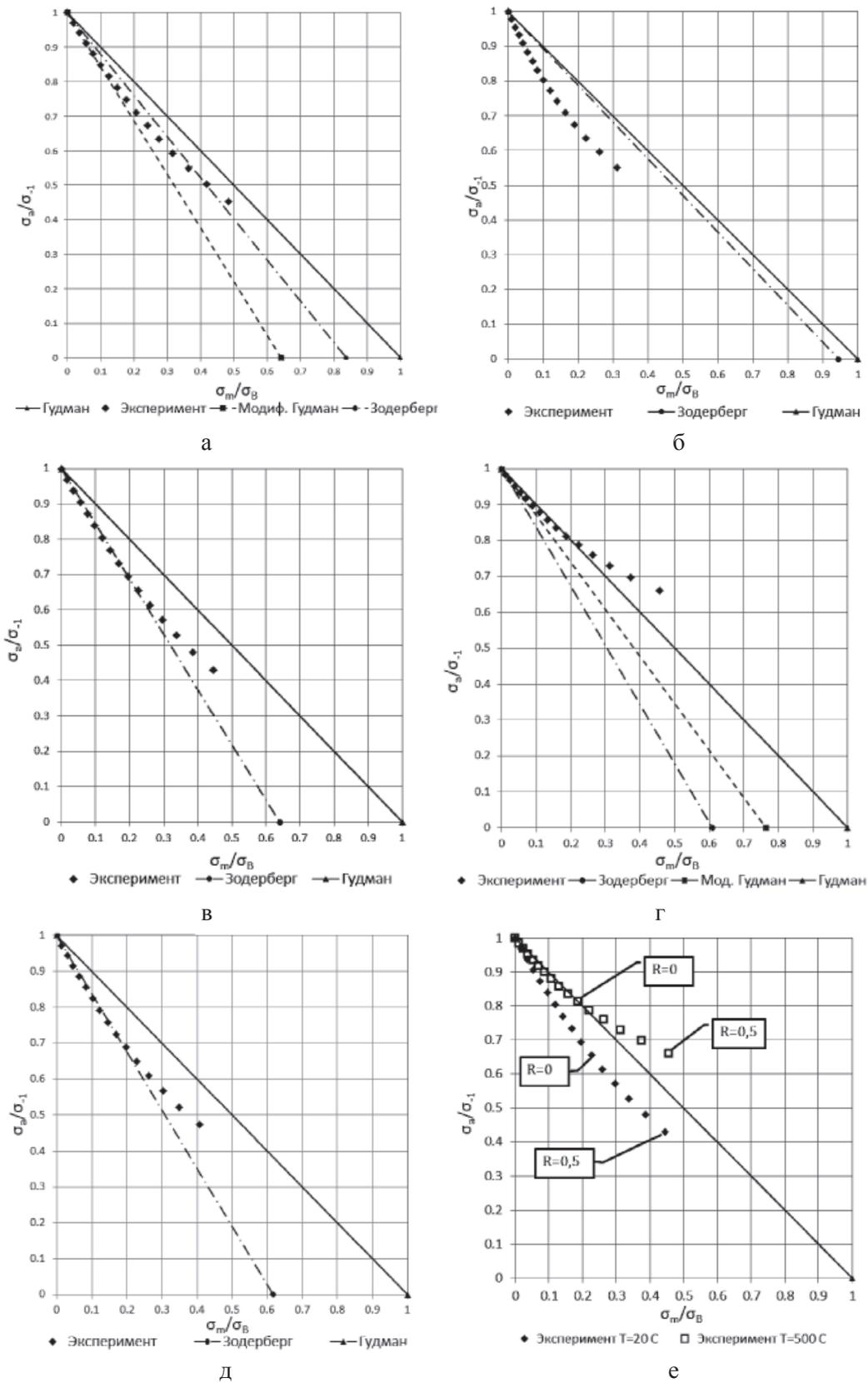


Рис. 2. Диаграммы предельных амплитуд исследуемых сплавов:
 а – ВТ25У ($T = 550^\circ\text{C}$); б – ВТ6 ($K_t = 3,35$, $T = 20^\circ\text{C}$); в – ЭИ698-ВД ($T = 20^\circ\text{C}$);
 г – ЭИ698-ВД ($T = 500^\circ\text{C}$); д – ЭП718-ИД ($T = 20^\circ\text{C}$);
 е – влияние температуры на чувствительность коэффициента асимметрии сплава ЭИ698-ВД

При определении минимальных значений пределов выносливости материалов, например по квантильным кривым усталости, следует учитывать зависимость характеристик рассеяния сопротивления усталости от уровня напряжений, для оценки же средних значений пределов выносливости пренебрежение данным фактом не внесет значительных погрешностей в результаты расчетов [5].

Следует отметить следующие особенности кривых усталости исследуемых сплавов. Для описания зависимости усталостной долговечности от уровня напряжений материалов ВТ6, ЭИ698-ВД и ЭП718-ИД в диапазоне долговечностей до $N = 20 \dots 50$ млн циклов приемлемо использование уравнения Вейбулла [5] с «неограниченным» пределом выносливости. Для титанового сплава ВТ25У кривая усталости в диапазоне исследуемых долговечностей $N = 0,3 \dots 100$ млн циклов описывается линейной зависимостью в координатах $\lg N - \lg \sigma_{\max}$, без перегибов кривой.

Параметр Уокера γ (А4 в (7) и табл. 2) для исследуемых сплавов лежит в достаточно широком диапазоне от $\gamma = 0,3$ до $\gamma = 0,7$. Значения $\gamma < 0,5$ (при $\gamma = 0,5$ эквивалентные напряжения, определяемые по соотношению Уокера, соответствуют напряжениям SWT) получены для титанового сплава ВТ25У при испытаниях при температуре $T = 550^\circ\text{C}$ и никелевых сплавов ЭИ698-ВД и ЭП718-ИД при испытаниях при комнатной температуре. Значения $\gamma > 0,5$ получены для титанового сплава ВТ6 на образцах с кольцевой выточкой ($K_t = 3,35$, температура испытаний $T = 20^\circ\text{C}$) и никелевого сплава ЭИ698-ВД (температура испытаний $T = 500^\circ\text{C}$).

По результатам усталостных испытаний исследуемых сплавов построены диаграммы предельных амплитуд цикла нагружения в относительных координатах (рис. 2). На диаграммы с экспериментальными данными нанесены линии Зодерберга и Гудмана (классические и модифицированные).

Сравнение результатов экспериментальных исследований влияния средних напряжений на сопротивление усталости материалов деталей газотурбинного двигателя и зависимостей Гудмана и Зодерберга показало следующее:

– экспериментальные данные для сплава ВТ6 ($K_t = 3,35$, температура испытаний $T = 20^\circ\text{C}$) расположены ниже кривых Зодерберга и Гудмана во всем исследуемом диапазоне асимметрии цикла нагружения $R = -1 \dots 0,5$;

– для никелевых сплавов ЭИ698-ВД и ЭП718-ИД экспериментальная диаграмма предельных амплитуд при отрицательных значениях коэффициента асимметрии цикла нагружения $R = -1 \dots 0$ практически совпадает с линией Зодерберга. При положительной асимметрии цикла нагружения экспериментальные точки лежат выше линии Зодерберга, но ниже линии Гудмана;

– результаты испытаний титанового сплава ВТ25У и никелевого сплава ЭИ698-ВД при повышенных температурах (при $T = 550$ и 500°C соответственно) расположены выше линии, соответствующей модифицированному уравнению Гудмана. Для титанового сплава ВТ25У экспериментальная точка при $R = 0,5$ расположена выше линии Зодерберга. Для сплава ЭИ698-ВД при значениях коэффициента асимметрии цикла нагружения $R = -1 \dots -0,6$ зависимость предела выносливости от средних напряжений практически совпадает с линией Зодерберга, а при положительных асимметриях $R = 0,1 \dots 0,5$ лежит выше линии Гудмана.

На рис. 2 представлены диаграммы предельных амплитуд цикла нагружения сплава ЭИ698-ВД при испытаниях при температурах $T = 20$ и 500°C (е). Следует отметить меньшую чувствительность сплава ЭИ698-ВД к асимметрии цикла нагружения при повышенной температуре $T = 500^\circ\text{C}$.

Заключение

Полученные зависимости пределов выносливости от средних напряжений цикла нагружения представляют практический интерес для оценки запасов по сопротивлению усталости деталей ГТД и могут быть использованы для прогнозирования ресурса многоциклового усталости.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (договор № 02.G25.31.0016) в рамках реализации Постановления Правительства РФ № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства».

Список литературы

1. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени / под ред. А.П. Гусенкова; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1993 (III). 364 с.: ил. – (Б-ка расчетчика / ред. кол.: В.А. Светлицкий (пред.) и др.).

2. Конструкционная прочность материалов и деталей газотурбинных двигателей / И.А. Биргер, Б.Ф. Балашов, Р.А. Дульнев и др.; под ред. И.А. Биргера и Б.Ф. Балашова. – М.: Машиностроение, 1981. – 222 с., ил.

3. Нихамкин М.Ш., Воронов Л.В., Конев И.П., Семенова И.В., Плотников Ю.И., Сараева Л.В. Снижение усталостной прочности лопаток компрессора ГТД при повреждении посторонними предметами // *Авиационная промышленность*. – 2008. – № 1. – С. 21–24.

4. Петухов А.Н. Сопротивление усталости деталей ГТД. – М.: Машиностроение, 1993. – 240 с.: ил.

5. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.

6. Nikhamkin M.S., Voronov L.V., Semenova I.V. Foreign object damage and fatigue strength loss in compressor blades. – Proceedings of the ASME Turbo Expo 2008. – Berlin, 2008. – P. 245–251.

7. Theodore Nicholas. High Cycle Fatigue. A Mechanics of Materials Perspective. – Elsevier Ltd., 2006.

3. Nikhamkin M.S., Voronov L.V., Konev I.P., Semenova I.V., Plotnikov Yu.I., Saraeva L.V. Snijenie ustalostnoy prochnosti lopatoc compressorov pri povrezenii postoronnimi predmetami. [Fatigue strength loss of compressor blades under foreign object damage.] *Aviacionnaya promislennost* [Aviation industry], 2008. no. 1. pp. 21–24.

4. Petuhov A.N. Soprotivlenie ustalosti detaley GTD. [Fatigue resistance of details gas turbine engine] Moscow: Mashinostroenie, 1993. 240 p.

5. Stepnov M.N. Statisticheskie metody obrabotki rezultatov mehanicheskikh ispytaniy: Spravochnik. [Statistical methods for processing the results of mechanical tests]. Moscow: Mashinostroenie, 1985. 232 p.

6. Nikhamkin M.S., Voronov L.V., Semenova I.V. Foreign object damage and fatigue strength loss in compressor blades. Proceedings of the ASME Turbo Expo 2008. Berlin, 2008. pp. 245–251.

7. Theodore Nicholas. High Cycle Fatigue. A Mechanics of Materials Perspective. Elsevier Ltd., 2006.

References

1. Kogaev V.P. Raschety na prochnost pri naprjazhenijah, peremennyh vo vremeni / Pod red. A.P. Gusenkova; 2-e izd., pererab. i dop. [Strength calculations for time-variable fatigue stresses]. Moscow: Mashinostroenie, 1993 (III). 364 p. (B-ka raschetchika / Red. kol.: V.A. Svetleckij).

2. Konstrukcionnaya prochnost materialov i detaley gazoturbinyh dvigateley / I.A. Birger, B.F. Balashev, R.A. Dulnev and others; under the editorship of I.A. Birger and B.F. Balashev. [Structural strength of gas turbine materials and details] Moscow: Mashinostroenie, 1981. 222 p.

Рецензенты:

Бульбович Р.В., д.т.н., профессор, декан аэрокосмического факультета, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь;

Нихамкин М.Ш., д.т.н., профессор кафедры «Авиационные двигатели», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь.

УДК 372.862

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕРВИСОВ WEB 2.0 ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ В 6 КЛАССЕ

¹Горшкова Т.А., ¹Шевченко С.М., ¹Гришуткина Н.Г., ²Пачурин Г.В.

¹ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина»,
Нижний Новгород, e-mail: shevchenko.sm@mail.ru;

²ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.А. Алексеева»,
Нижний Новгород, e-mail: pachuringv@mail.ru

В последние годы разработано достаточно большое количество сайтов, ориентированных на учебный процесс в образовательных учреждениях разного уровня. В работе рассмотрены области применения средств Web 2.0 в обучении; методика и проблемы использования Web 2.0 на уроках технологии в 6 классе; дан анализ рабочей программы 6 класса с точки зрения эффективности применения средств Web 2.0, в частности таких, как сервис google-презентации <http://app.emaze.com>, позволяющий создавать уникальные трехмерные презентации; сервис ВКонтакте либо отдельный сайт с поддержкой чата (например, ChatStep); сервисы Планоплан; Autodesk Homestyler; Marykay.ru, Avon.com, beautycycle.ru. Особенностью Web 2.0 является принцип привлечения пользователей к наполнению и многократной проверке информационного материала, что важно при организации учебного процесса в средней школе. На основании проведенного исследования даны рекомендации по выбору средств Web 2.0 при изучении разделов и тем Кулинария, Интерьер жилого дома, Рукоделие, Изготовление конической или клинковой юбки, Основы машиноведения; проведению проверочных работ по всем темам.

Ключевые слова: сервис, трехмерная презентация, информационный материал, учебный процесс, онлайн-среда, чат, язык программирования

APPLICATIONS SERVICES WEB 2.0 IN THE STUDY OF TECHNOLOGY GRADE 6

¹Gorshkova T.A., ¹Shevchenko S.M., ¹Grishutkina N.G., ²Pachurin G.V.

¹FGBOU VPO «Nizhny Novgorod State Pedagogical University, K. Minin», Nizhny Novgorod,
e-mail: shevchenko.sm@mail.ru;

²FGBOU VPO «Nizhny Novgorod State Technical University, R.A. Alekseeva», Nizhny Novgorod,
e-mail: pachuringv@mail.ru

In recent years, it developed a sufficiently large number of sites, focused on the educational process in educational institutions of different levels. The paper discusses the application of Web 2.0 tools in education; Methods and Problems Using Web 2.0 technology in the classroom in grade 6; an analysis of the work program of the 6th grade in terms of efficiency of application of Web 2.0, in particular, such as google-service presentation -<http://app.emaze.com>, to create a unique three-dimensional presentation; Vkontakte service or a separate site with support for chat (eg, ChatStep); Planoplan services; Autodesk Homestyler; Marykay.ru, Avon.com, beautycycle.ru. A feature of Web 2.0 is the principle of attracting users to the content and repeated verification of information material, which is important in the educational process in high school. Based on the study recommendations on the choice of Web 2.0 tools in the study sections and the Cookery, Interior apartment house, Crafts, Production of conical or klinevoy skirts, Fundamentals of Mechanical Engineering; conduct verification work on all topics.

Keywords: service, three-dimensional presentation, informational material, educational process, an online environment, a chat, a programming language

Работа в интернете для ребенка похожа на игру. Современные дети привыкли вращаться в онлайн-среде, она для них не представляет большой сложности и не требует каких-либо серьезных усилий. Многие родители используют это увлечение детей компьютером, чтобы научить ребенка математическим операциям, иностранным языкам, языкам программирования с помощью различных обучающих сервисов, в частности таких, как lingualeo.com, www.mobintech.ru и т.д. Дети достаточно легко разбираются в интерфейсе программ и быстро переходят к интенсивному использованию ресурса.

Все большее значение приобретает использование Internet-ресурсов в организации учебного процесса в общеобразовательных школах, в частности на занятиях по технологии [6]. Современные сервисы отличаются большим разнообразием, что позволяет применять их на различных этапах обучения: от изучения теоретического материала до проверки домашнего задания и проведения виртуальных экскурсий.

В последние годы разработано достаточно большое количество сайтов, которые можно использовать при работе с учениками, а не только для поиска необходимой информации. Такие сервисы, как google-таблицы

и google-презентации, позволяют сократить организационное время на уроке, что очень важно при проведении практических занятий, разобрать больше нового материала, увеличить эффективность и скорость выполнения практических работ. Существуют специализированные сервисы, которые могут помочь в изучении определенных тем. Специализированные рукодельные и кулинарные сайты (форумы, группы в социальных сетях, сайты рукодельных магазинов) содержат многообразие материалов для вышивания, вязания, скрапбукинга и проч. Кроме того, на данных ресурсах опытные рукодельницы и кулинары делятся своими тайнами и «хитростями». Например, там можно узнать, как добиться в вышивке идеально ровных стежков, какие пальцы лучше всего использовать, какая пряжа больше подходит для определенных изделий, что добавлять в тесто для пышности, какие приправы улучшат вкус блюда и т.п. Тут можно получить всю необходимую информацию и задать все интересующие вопросы.

В данной работе рассмотрены области применения средств Web 2.0 в обучении; методика и проблемы использования Web 2.0 на уроках технологии в 6 классе; дан анализ рабочей программы 6 класса с точки зрения эффективности применения средств Web 2.0.

Web 2.0 – методика проектирования систем, которые путём учёта сетевых взаимодействий становятся тем лучше, чем больше людей ими пользуются. Особенностью Web 2.0 является принцип привлечения пользователей к наполнению и многократной проверке информационного материала [5].

Учащиеся 6 класса – дети, только вступающие в подростковый возраст. Это сложный период, в котором учащиеся переживают кризис идентичности и отделения от семьи. Они стремятся к самостоятельности, независимости; в этом возрасте происходит бурное психофизиологическое развитие. При этом у учащихся могут возникнуть проблемы с учебой: спад показателей внимания, снижение интереса к учебной деятельности, недостаточная мотивированность к обучению. В этот период особенно важно увлечь подростков предметом на эмоциональном уровне, развить позитивное отношение к учебе.

Ниже рассмотрены возможности использования ряда сервисов на занятиях по технологии в соответствии с программой, разработанной В.Д. Симоненко и Ю.Л. Хонтунцевым [3].

Вводное занятие целесообразно провести с помощью презентации, в которой рассматриваются приблизительные темы про-

ектных работ с учетом программы 6 класса. Такой документ удобно создать на сервисе google-презентаций [8]. Его использование позволит не только ознакомить девочек с возможными проектами, но и впоследствии узнать предпочтения учащихся. Под каждой темой в течение первых двух четвертей учащиеся могут вести обсуждение либо просто прописывать свой выбор на отдельном для этого выделенном слайде.

Среди всех сайтов, позволяющих создать презентации, выгодно выделяется сервис <http://app.emaze.com>, позволяющий создавать уникальные трехмерные презентации.

Основные достоинства сервиса:

- Простота создания при помощи использования современных шаблонов.
- Стильный дизайн и 3D переходы между слайдами.
- Автоматический перевод на множество языков.
- Возможность создавать свои презентации можно с помощью компьютера или мобильных устройств.
- Поддержка HTML 5.
- Управление презентацией в автоматическом режиме или по слайдам с помощью мышки или при помощи голосовых команд [1].

Презентацию, созданную на этом сайте, можно скопировать на любой носитель, благодаря чему её можно воспроизвести с компьютера, не имеющего доступа в интернет. Также презентации можно разместить в соцсетях, чтобы учащиеся могли ее просмотреть дома самостоятельно и выбрать наиболее интересную для них тему.

Раздел «Кулинария» в 6 классе довольно обширный. Основу уроков кулинарии составляют практические занятия, на которых учащиеся готовят блюда по теме урока. Эти уроки требуют тщательной подготовки: выбор блюда, составление списка необходимых продуктов, расчет стоимости, распределение затрат между ученицами, составление алгоритма приготовления и т.д. Задача учителя в данном случае – не только проконтролировать правильное приготовление блюда, но и не допустить возникновения конфликтов из-за распределения затрат, проконтролировать процесс подготовки к занятию, чтобы девочки заранее знали свои обязанности и ни одна не осталась без задания. Решить эти задачи можно с использованием сервисов Web 2.0, с помощью которых удобно общаться, например, в социальных сетях. Алгоритм приготовления блюда составляется при помощи любого сервиса, позволяющего создать рисунок с последовательностью действий (google-рисунки,

casoo, boobl.us и т.д.). Расчет себестоимости удобно сделать с помощью google-таблиц, в которых ученицы могут отдельным столбиком указать, что они могут принести из дома. Обсудить нюансы, такие как задача каждой ученицы, можно посредством общего диалога или группы на сервисе Вконтакте, либо на отдельном сайте с поддержкой чата (например, ChatStep).

Раздел «Интерьер жилого дома» довольно сложен для шестиклассника, поэтому при работе с ним наиболее важна визуализация. У учащихся еще нет навыков черчения, поэтому самостоятельное построение планировки дома в тетради для них сложно. В данном случае подходят дизайнерские сервисы, помогающие не только построить план дома, но и создать его интерьер. Прост в работе сервис Планоплан [10]. Также хорошо себя зарекомендовал продукт Autodesk Homestyler [7]. Преимущество последнего в том, что он сразу позволяет спланировать расходы на отделку и обстановку квартиры с пояснениями, где это можно купить. Как и любой продукт Autodesk, сервис отлично проработан, имеет широкий функционал, но имеет особенности в управлении, поэтому не рекомендуется новичкам. В то же время, используя Autodesk Homestyler, можно предложить учащимся посмотреть, каких затрат можно избежать при ремонте, а какие уменьшить. Рассмотреть, какие предметы мебели и декора они могли бы сделать сами и из чего. Так ребята научатся грамотно экономить на ремонте квартиры.

Вопросы гигиены девушки, устройства швейной машины, ухода за одеждой можно рассказать также с помощью презентации или дать ученицам домашнее задание составить краткие доклады по отдельным темам с визуализацией.

Ознакомиться с косметикой и попробовать наложить макияж на модель предлагают производители популярных марок косметики, создающие собственные сервисы Web 2.0 с возможностью оценки их предложения (Maryka.ru, Avon.com, beautycycle.ru, предлагаемый маркой Amway) [2]. Социальные сети предлагают пользователям различные игры, в которых можно создать образ девушки: нанести макияж, учитывая форму лица, подобрать одежду в соответствии с фигурой. Грамотное введение подобного ресурса в учебный процесс позволит не только изучить тему «Косметика», но и познакомит девушек с современной модой.

При изучении раздела «Рукоделие» учащиеся могут ознакомиться с сервисами создания схем, их достоинствами и недостатками. Это xfloss.ru, иголки.нет, crosti.ru и подобные. Будут полезны также

калькуляторы канвы, позволяющие рассчитывать метраж ткани, необходимый для вышивки, в соответствии с каунтом, такие как ranna.ru/calc.

Целая четверть отводится на изучение раздела «Изготовление конической или клинковой юбки». Облегчить работу по изготовлению чертежей могут графические онлайн-редакторы, позволяющие чертить в масштабе и работающие с векторной графикой. Это MethodDraw [9], svg-edit [11] и подобные им. Не рекомендуется в данном случае применение редакторов с растровой графикой, так как они предназначены для рисования и редактирования фотографий, в них сложнее заниматься чертежными работами (неровные линии, сбивающийся масштаб, отсутствуют необходимые для черчения инструменты и примитивы).

Для проведения проверочных работ по всем темам удобны сервисы learningapps, формы от google, Zondle и прочие средства Web 2.0, позволяющие создавать тесты, опросы и обучающие игры. Особое внимание стоит уделить сервису learningapps, так как работа с ним очень проста, а прохождение заданий учениками принимается всегда положительно. Упражнения имеют игровой характер. Возможно создание упражнений типа:

1. Кроссворд.
2. Найти пару.
3. Сортировка картинок.
4. Заполнить пропуски.
5. Пазл «Угадай-ка».
6. Викторина с выбором правильного ответа и т.д.

Указанные сервисы использовались авторами при проведении занятий по темам «Интерьер жилого дома» с применением сервиса Планоплан и «ДПИ. Счетная вышивка» с использованием сайтов Иголки.нет и learningapps. При работе с Планопланом учащиеся чертили план дома своей мечты в течение двух занятий. Итогом изучения раздела было выполнение творческой работы, в которой ребята пытались выяснить, можно ли приблизить квартиру, в которой они живут, к дому своей мечты. На уроках счетной вышивки девочки в течение одного занятия разбирали сервис Иголки.нет с точки зрения удобства его применения при разработке схем. Они должны были выявить достоинства и недостатки сервиса, заноса их в таблицу. В результате проведенного исследования учащиеся сделали вывод, что сервис удобен, но применение его ограничено, так как схемы получаются недостаточно хорошего качества.

Для оценки эффективности применения средств Web 2.0 при обучении технологии

в 6 классе была проведена диагностика мотивации учения подростков по методике М. Лукьяновой [4] в начале и конце четверти. Анализ результатов показал качественное улучшение мотивированности учащихся: у 25% учеников позиционная мотивация сменилась на учебную.

С использованием данных сервисов достигается большая наглядность материала, сокращается организационное время на уроке, учащиеся становятся более собранными и заинтересованными в предмете. Ребята учатся правильно использовать время, проводимое в интернете, осваивают больше материала на уроке и на этапе подготовки к нему. У учителя сокращается время на проверку контрольных работ, так как необходимые для проверки сервисы сразу выдают результат, остается только занести его в журнал.

В целом ученики позитивно относятся к компьютеризации обучения, им понравились занятия, проведенные с помощью Web 2.0. Учащиеся стали активнее на уроках, легче усваивали материал; уроки проходили организованно и с хорошей дисциплиной.

Список литературы

1. Баданов А. Emaze. – <https://sites.google.com/site/badanovweb2/home/emaze> (Дата обращения 28.03.2015 г.)
2. Виртуальный макияж онлайн. – <http://signorina.ru/1830-virtualnyj-makiyazh-onlajn-besplatno.html> (Дата обращения 28.05.2015 г.)
3. Технология: учебник для учащихся 6 класса общеобразовательных учреждений (вариант для девочек) / под ред. Симоненко В.Д. – М.: Вентана-Граф, 2011. – 204 с.
4. Федотова Г.А. Методология и методика психолого-педагогических исследований: учебное пособие для студентов психолого-педагогических факультетов высших учебных заведений. – Великий Новгород: НовГУ, 2010. – 114 с.
5. Что такое Веб 2.0. – <http://old.computerra.ru/think/234100/> (Дата обращения 8.03.2015 г.)
6. Шевченко С.М., Горшкова Т.А. Информационные технологии и качество подготовки студентов по техническим дисциплинам: колл. монография «Современные тенденции развития технологического образования». – Н.Н.: НГПУ им. К. Минина, 2014.
7. Autodesk homestyler. – <http://ru.homestyler.com> (Дата обращения 28.03.2015 г.)

8. Google-презентации. – <https://docs.google.com/presentation> (Дата обращения 28.03.2015 г.)
9. Method Draw. – <http://editor.method.ac> (Дата обращения 28.03.2015 г.)
10. Planoplan – программа для проектирования интерьеров. – <http://www.dr-web.ru/soft/planoplan-programma-dlya-proektirovaniya-intererov.html> (Дата обращения 26.03.2015 г.)
11. The Svg Editor from google. – <http://svg-edit.googlecode.com> (Дата обращения 14.04.2015 г.)

References

1. Badanov A. Emaze. <https://sites.google.com/site/badanovweb2/home/emaze> (Data obrashhenija 28.03.2015 g.).
2. Virtualnyj makijazh onlajn. <http://signorina.ru/1830-virtualnyj-makiyazh-onlajn-besplatno.html> (Data obrashhenija 28.05.2015 g.).
3. Tehnologija: uchebnik dlja uchashhihsja 6 klassa obshheobrazovatelnyh uchrezhdenij (variant dlja devochek) / pod red. Simonenko V.D. M.: Ventana-Graf, 2011. 204 p.
4. Fedotova G.A. Metodologija i metodika psihologo-pedagogicheskikh issledovanij: uchebnoe posobie dlja studentov psihologo-pedagogicheskikh fakul'tetov vysshih uchebnyh zavedenij. Velikij Novgorod: NovGU, 2010. 114 p.
5. Chto takoe Veb 2.0. <http://old.computerra.ru/think/234100/> (Data obrashhenija 8.03.2015 g.).
6. Shevchenko S.M., Gorshkova T.A. Informacionnye tehnologii i kachestvo podgotovki studentov po tehnicheskim disciplinam: koll. monografija «Sovremennye tendencii razvitija tehnologo-jekonomicheskogo obrazovanija». N.N.: NGPU im. K. Minina, 2014.
7. Autodesk homestyler. <http://ru.homestyler.com> (Data obrashhenija 28.03.2015 g.).
8. Google-prezentacii. <https://docs.google.com/presentation> (Data obrashhenija 28.03.2015 g.).
9. Method Draw. <http://editor.method.ac> (Data obrashhenija 28.03.2015 g.).
10. Planoplan programma dlja proektirovaniya intererov. <http://www.dr-web.ru/soft/planoplan-programma-dlya-proektirovaniya-intererov.html> (Data obrashhenija 26.03.2015 g.).
11. The Svg Editor from google. <http://svg-edit.googlecode.com> (Data obrashhenija 14.04.2015 g.)

Рецензенты:

Толстенкова А.А., д.п.н., профессор, декан ФУиСТС, Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина, г. Нижний Новгород;

Кузьмин Н.А., д.т.н., профессор, зав. кафедрой АТ, ИТС, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород.

УДК 371.126+004.05

**ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ПРОТИВОДЕЙСТВИЮ
КИБЕРЭКСТРЕМИСТСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СТУДЕНТОВ ВУЗА****Доколин А.С., Чернова Е.В., Ганиева Л.Ф., Колобова О.Л.***ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: a.dokolin@gmail.com*

Настоящая статья посвящена исследованию проблемы подготовки студентов вуза к противодействию киберэкстремистской деятельности. После анализа дисциплин сферы информационной безопасности было обнаружено отсутствие необходимых материалов для противодействия явлениям киберэкстремизма. Это объясняется в первую очередь недостатком методических и теоретических материалов по теме противодействия киберэкстремистской деятельности среди студентов вуза. Исходя из этого, было разработано учебно-методическое пособие «Противодействие киберэкстремизму среди студентов вуза», а также учебный модуль. Анализ рабочих программ дисциплин в сфере информационной безопасности показал возможность внедрения данного учебного модуля в содержание образовательного процесса вуза. В данной статье рассматривается внедрение учебного модуля «Противодействие киберэкстремистской деятельности» в разделы дисциплин: «Информационная безопасность» по направлению 080500.62 – «Бизнес-информатика», «Информационная безопасность» по направлению 040100.62 – «Социология», «Информационная безопасность в образовании» по направлению 050100.68 «Педагогическое образование», «Социальная информатика» по направлению 040400.62 – «Социальная работа», «Информационная безопасность» по направлению 030600.62 – «История», «Основы информационной безопасности в профессиональной деятельности» по направлению 035701.65 – «Перевод и переводоведение».

Ключевые слова: экстремизм, киберэкстремизм, противодействие киберэкстремизму, информационная безопасность, подготовка студентов

**COMPETENCES FORMATION TO COUNTER CYBER EXTREMISM ACTIVITIES
AMONG THE UNIVERSITY STUDENTS****Dokolin A.S., Chernova E.V., Ganieva L.F., Kolobova O.L.***Magnitogorsk State Technical University a.n. G.I. Nosov, Magnitogorsk, e-mail: a.dokolin@gmail.com*

This paper studies the problem of preparing students to confront cyber extremist activity. After the analysis of the disciplines in the field of information security was found the lack the necessary materials to counter the phenomena of cyber extremism. This is due, primarily, the lack of methodological and theoretical materials on countering cyber extremist activity among University students. On this basis, we developed educational-methodical manual «Preparation counter of cyber extremism among students of the University», as well as a training module. Analysis of working programs of disciplines in the field of information security has shown the possibility to implement this training module in the content of the educational process of the University. This article describes the implementation of a training module on «Preparation counter of cyber extremist activity» in the sections of the disciplines: «Information security» in the direction 080500.62 – «Business Informatics», «Information security» in the direction 040100.62 – «Sociology», «Information security in education» in the direction 050100.68 – «Pedagogical education», «Social Informatics» in the direction 040400.62 – «Social work», «Information security» in the direction 030600.62 – «History», «The Basics of information security in the professional activity» in the direction 035701.65 – «Interpreting and Translation».

Keywords: extremism, cyber extremism, countering cyber extremism, information security, training students

Рассматривая одну из главных угроз современного мира – киберэкстремизм, нельзя не отметить основную причину возникновения этого явления – неподготовленность общества к такой информационной свободе, которую дает нам сеть Интернет. Эта громадная информационная среда, доступная любому желающему, содержит большое количество персональной информации, причиной этому служит безграмотность использования различных социальных сервисов и других информационных технологий. Однако приведенная выше проблема сохранности личных данных не является единственной. Невозможность контроля данных в глобальной сети ставит под сомнение достоверность

информации некоторых интернет-ресурсов. Как следствие, растет объем небезопасной для пользователя информации. Исходя из этого, можем отметить самую главную особенность глобальной сети Интернет – анонимность. Именно анонимность делает сеть Интернет привлекательной средой для правонарушителей, одними из которых являются экстремисты.

Прежде чем рассмотреть деятельность экстремистов в сети Интернет, раскроем понятие данного явления. «Окончательное смысловое значение слова «экстремизм» оформилось уже в XX в. В современном немецком языке под экстремизмом понимается предельно жесткая радикальная позиция.

Экстремистом является крайне радикально (решительно) настроенный человек, в зависимости от политических убеждений это может быть левый или правый экстремист. Понятие «левый» в данном случае трактуется как принадлежность к политическому течению левого толка. В английском языке под экстремизмом также понимается пропаганда крайних политических мер» [2]. Используя глобальную сеть Интернет, члены экстремистских движений, групп получили возможность вступать в дискуссии, спорить, отстаивать свою идеологию там, где численность аудитории может колебаться от нескольких десятков до сотен тысяч человек, и оставаться незамеченными. Такие ресурсы воздействия на сознание пользователей сравнимы с потенциалом традиционных СМИ, только не контролируемых государством и обществом. Под видом «обмена мнениями» в Интернете экстремисты получили возможность вести пропаганду, вербовать новых сторонников и увеличивать количество последователей. Деятельное участие большого количества не только отдельных пользователей, но и целых организаций в среде глобального информационного пространства детерминирует необходимость выработки соотносимых с текущими тенденциями развития информационно-коммуникативных технологий мер обеспечения национальной безопасности, в частности противодействию активизировавшемуся распространению идей экстремизма и терроризма. «Год от года увеличивается и количество Интернет-ресурсов в Федеральном списке экстремистских материалов. Так в 2008 г. их было 25, в 2009 – 38, 2010 – 44, 2011 – 93, 2012 – 264, за 10 месяцев 2013 – 110, итого 574 или почти 37% от общего количества (2122 по состоянию на 20 ноября 2013 года)» [15].

Глава ФСБ А. Бортников в июне 2013 года во время заседания Национального антитеррористического комитета назвал социальные сети и часть интернет-сайтов «своеобразным источником идей экстремизма». «Своеобразным источником идей экстремизма стала часть Интернета. В социальных сетях создаются закрытые группы, активизируется деятельность сайтов, на которых ведется целенаправленная идеологическая обработка пользователей» [7]. Технически социальная сеть является объединением группы людей на одном сайте, позволяющим пользователю загружать свой контент и обмениваться им с другими пользователями. Возможности общения пользователей по публикации и обмену контентом отличают социальные сети от других интернет-ресурсов. Немаловажной чертой со-

циальных сетей является высокий уровень интерактивности, при котором скорость обмена контентом и скорость общения зачастую не уступают общению вне сети. Пропаганда экстремизма в социальных сетях, помимо особенностей, изложенных выше, имеет свою специфику. Ввиду того что в социальных сетях часто указывается личная информация, возможно целенаправленное распространение материалов, реклама групп, например, для определенной возрастной группы пользователей для оказания максимального на них влияния. Для религиозного экстремизма в качестве примера можно рассмотреть возрастной состав любой группы, пропагандирующей религиозный фундаментализм. Средний возраст подписчиков невелик, более половины составляет молодежь до 18 лет, что и представляет благодатную почву для продвижения идей религиозного экстремизма из-за внушаемости данной группы лиц.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что развитие экстремистской деятельности в сети Интернет способствует распространению идей экстремизма среди молодежи. Исходя из этого, мы решили провести обзор педагогических исследований по теме молодежного экстремизма и выяснить, почему именно молодежь наиболее подвержена этому явлению. В.И. Чупров выделяет проблему «противостояния поколений», обостряющую экстремальные проявления молодежи. «Приобретая в определенных условиях форму конфликта, противостояние поколений отражается прежде всего в формирующемся сознании молодежи, обостряя его экстремальные проявления» [18]. Кроме того, имеет место быть чувство «завышенного ожидания», присущее всем молодым людям. «Экстремальные формы реакции на окружающую действительность связаны также с завышенными ожиданиями, присущими молодежи» [18]. «Сталкиваясь с трудностями, неизбежно возникающими при реализации завышенных ожиданий и не находя возможностей их преодоления, молодой человек впадает в состояние фрустрации, сопровождаемое раздражением, недовольством, гневом» [18]. Имеет влияние и окружающая среда, в которой находится молодой человек. «Системным фактором роста практически всех видов экстремистских проявлений эксперты назвали специфические особенности молодежи. Влияние этих особенностей на рост молодежного экстремизма эксперты связывают с недостатками воспитания, с усиливающейся пропагандой насилия в СМИ, с «героизацией» образа экстремиста» [18].

Таким образом, основными причинами молодежного экстремизма являются:

- 1) почти полный разрыв со старшим поколением и его ценностями;
- 2) возрастные особенности психологии личности;
- 3) качество информационной среды, в которой находится молодой человек;
- 4) недостаток знаний в сфере превенции явлений экстремизма.

Как можно видеть, мы рассматриваем явления экстремизма именно в сети Интернет, по нашему мнению, экстремизм в глобальной сети – это один из наиболее опасных видов экстремизма в расцвете информационного общества. Актуальной задачей становится необходимость раскрытия сущности экстремизма в сети Интернет, разработки понятийно-терминологического ряда, который позволил бы определить педагогические, психологические, информационные и другие аспекты борьбы с данным опасным явлением. Для успешного решения указанных задач необходимо дать определение, что мы подразумеваем под экстремизмом в глобальной сети Интернет. Однако перед этим мы рассмотрим трактовку термина «экстремизм», так как понятие «экстремизм в глобальной сети Интернет» является происходящим от него.

Так, С.И. Ожегов и Н.Ю. Шведова дают следующее определение экстремизма: «экстремизм – приверженность к крайним взглядам и мерам (обычно в политике)» [10].

В Советском энциклопедическом словаре приводится следующее определение термина «экстремизм»: «приверженность к крайним взглядам, мерам (обычно в политике)» [14].

Согласно определению, содержащемуся в Большой советской энциклопедии, экстремизм – приверженность крайним взглядам, идеям и мерам, направленным на достижение своих целей радикально ориентированными социальными институтами, малыми группами и индивидами [3].

В Малой энциклопедии современных знаний экстремизм определяется как «приверженность в политике и идеях к крайним взглядам и действиям» [9].

В политологической литературе приведено определение: «Экстремизм – приверженность в политике и идеях к крайним взглядам и действиям» [11].

В соответствии с Кратким политическим словарем «экстремизм – это приверженность к крайним взглядам и мерам, в политическом смысле означает стремление решать проблемы, достигать поставленных целей с применением самых радикальных методов, включая все виды насилия и террора» [8].

В религиозном контексте Э.Г. Филимонов рассматривает экстремизм как «приверженность к крайним взглядам и действиям», которая «может иметь место в любой сфере общественной жизни, где сталкиваются различные взгляды и точки зрения на решение тех или иных проблем» [16].

В.Ю. Верещагин и М.И. Лабунец подчеркивают, что экстремизм – это идеология, предусматривающая принудительное распространение ее принципов, нетерпимость к оппонентам и насильственное их подавление [4].

Н.Н. Афанасьев раскрывает определение экстремизма как приверженность «к крайним толкованиям» и «методам действия», основанное на нетерпимости к иной точке зрения и жестком противоборстве: «Экстремизм есть изначальное отрицание всякого чувства меры. Он оперирует искаженными, деформированными представлениями о действительности, по крайней мере в той ее части, где пытается реализовать свои цели, как ближайšie, так и более отдаленные. В языке это выражается в крайности суждений, безапелляционности, категоричности. В практической деятельности это неизбежно приводит к насилию» [1].

Опираясь на данные определения термина «экстремизм» и значения киберпространства как синонима глобальной сети Интернет – сформулируем содержание понятия «киберэкстремизм». Киберэкстремизм – «это явление, возникающее в киберпространстве, основанное на реализации чрезвычайных, решительных взглядов и мер, с использованием информационных технологий, направленных против существующих в обществе норм, правил, принципов, обычаев и традиций» [13].

Таким образом, обозначив определение термина «киберэкстремизм» и затем раскрыв его, мы можем начать работу над методикой профилактики данного явления. Как отмечалось ранее, эта работа должна проводиться комплексно, без выделения, какого-то определенного метода. Причиной тому служит многогранность явления киберэкстремизма. На основе положения о том, что именно молодежь подвержена наибольшему риску со стороны киберэкстремизма, профилактика этого вида угроз должна проводиться именно с молодыми людьми, т.е. студентами вузов. Взяв за основу работу со студентами, мы выделили следующие методы работы: воспитательные, образовательные, направленные на формирование нравственных и духовных ценностей (включая патриотическое воспитание), развивающие толерантное межличностное общение.

Исходя из этого положения, авторы отобрали и осмыслили рабочие программы различных дисциплин в сфере информационной безопасности в высших учебных заведениях («Социальная информатика», «Основы информационной безопасности в профессиональной деятельности», «Информационная безопасность в образовании», «Информационная безопасность»), целью которых является формирование у студентов теоретических знаний по основам защиты информации при обращении с компьютерной техникой и программным обеспечением; овладение основными методами и средствами по обеспечению информационной безопасности в организациях и на предприятиях различных сфер деятельности и форм собственности; формирование представления о современных процессах развития информационного общества, о возникающих социально-экономических, психологических, информационных проблемах и путях решения. Проведем анализ каждой из дисциплин с целью определения эффективности подготовки студентов к противодействию киберэкстремистской деятельности в вузе.

Опираясь на данные, полученные в ходе изучения формируемых компетенций, знаний, умений и навыков, которыми должен обладать студент в результате изучения рассмотренных нами дисциплин, мы пришли к выводу о том, что подготовка к противодействию угрозам киберэкстремизма проводится на недостаточном уровне. Основной причиной тому служит недостаточная теоретическая и практическая проработка темы, отсутствие методических рекомендаций, учебных пособий в сфере противодействия явлениям киберэкстремизма.

Исходя из этого, мы решили сосредоточить наши усилия на проблеме отсутствия методических рекомендаций, учебных пособий по этой теме. Таким образом, мы разработали учебно-методическое пособие «Противодействие киберэкстремистской деятельности», содержание которого направлено на формирование знаний, умений и навыков для эффективного противодействия явлениям киберэкстремизма. Данное пособие описывает учебный модуль, который может быть внедрен в любую дисциплину в сфере информационной безопасности, в частности «Информационная безопасность в образовании», «Основы информационной безопасности в профессиональной деятельности», «Социальная информатика», «Информационная безопасность». Учебный модуль «Противодействие киберэкстремистской деятельности» содержит 2 лекционных занятия, 4 лабораторных

работы и 10 часов самостоятельной работы. Модуль может быть внедрен в следующие разделы дисциплин:

– «Основы информационной безопасности и защиты информации» для дисциплины «Информационная безопасность» по направлению 080500.62 – «Бизнес-информатика»;

– «Информационная безопасность» для дисциплины «Информационная безопасность» по направлению 040100.62 – «Социология»;

– «Личность в информационном обществе» для дисциплины «Информационная безопасность в образовании» по направлению 050100.68 – «Педагогическое образование»;

– «Личность в информационном обществе» для дисциплины «Социальная информатика» по направлению 040400.62 – «Социальная работа»;

– «Информационная безопасность» для дисциплины «Информационная безопасность» по направлению 030600.62 – «История»;

– «Информационно-психологическая безопасность в сети Интернет» для дисциплины «Основы информационной безопасности в профессиональной деятельности» по направлению 035701.65 – «Перевод и переводоведение».

Учебный модуль «Противодействие киберэкстремистской деятельности» включает следующие темы лекционных занятий:

1. Возникновение и развитие экстремистской деятельности.

2. Правовая оценка экстремистской деятельности в РФ.

3. Предпосылки возникновения киберэкстремистской деятельности.

4. Разновидности киберэкстремизма в информационном пространстве.

Лабораторных занятий:

1. Молодежь – основа противодействия киберэкстремизму.

2. Патриотическое воспитание современного общества.

3. Межнациональные отношения как инструмент противодействия распространения идей киберэкстремизма.

4. Превенция киберэкстремизма путем формирования духовно-нравственного общества.

Для более эффективного изучения вопроса противодействия киберэкстремистской деятельности работа со студентами выстроена с использованием современных форм обучения: мультимедиа-лекции, групповые и индивидуальные проекты, совместное ведение блогов, защита презентаций, дискуссии, круглые столы, практические занятия.

Разработка учебно-методического пособия и его внедрение в качестве модуля эффективно решает задачу отсутствия методических рекомендаций по противодействию явлениям киберэкстремизма, а также повышает уровень формируемых компетенций у студентов. При внедрении модуля «Противодействие киберэкстремистской деятельности» в дисциплины сферы информационной безопасности студенты имеют возможность не только эффективно противостоять угрозам экстремизма в сети Интернет, но также заниматься превенцией этого явления в той информационной среде, в которой они находятся.

На основании вышеизложенного можно сделать несколько выводов. С одной стороны, с развитием информационных технологий человечество делает свою жизнь легче и интереснее, упрощает поиск, хранение и обработку информации, но с другой стороны, общество не готово к информационной свободе, которую предоставляют нам новые технологии. Мы не научились рационально применять различные способы защиты персональной информации. Этим моментом очень успешно пользуются злоумышленники. Причиной популярности глобальной сети Интернет среди правонарушителей служит анонимность, свобода действий и безнаказанность. Кроме того, в сети Интернет самым уязвимым слоем пользователей является молодежь. Молодые люди в силу своего возраста легко становятся жертвами злоумышленников, в том числе экстремистов. Наиболее подвержены влиянию киберэкстремизма такие слои населения, как учащиеся школ и студенты, так как данная социальная группа, хотя и является активным пользователем, но не обучена самостоятельно и осознанно воспринимать и обрабатывать тот информационный поток, который находится в сети Интернет [1].

Для противодействия угрозы киберэкстремизма требуется большая работа с молодежью, особенно студентами высших учебных заведений. «Основной проблемой организации противодействия киберэкстремистской деятельности является недостаточное методическое оснащение, состоящее из методов и форм работы с учащимися, организация их учебной и внеурочной работы. Правильно выстроенная учебная и внеурочная деятельность учащегося является залогом успешного формирования личности, способной противостоять современным угрозам информационного общества, в том числе киберэкстремизму» [17]. В рамках нашего исследования мы провели анализ эффективности подготовки противо-

действия киберэкстремистской деятельности среди студентов вуза. В связи с этим было рассмотрено содержание дисциплин в сфере информационной безопасности. Некоторые дисциплины не включают в себя темы, связанные с противодействием киберэкстремистской деятельности, некоторые включают, но не дают полного объема знаний, требуемых для противодействия этому явлению. Для решения этой проблемы был разработан модуль «Противодействие киберэкстремизму», который может быть внедрен в любую дисциплину в сфере информационной безопасности. Для методической и теоретической поддержки учебного модуля было разработано учебно-методическое пособие, которое может быть использовано как студентами, так и преподавателями. Стоит отметить, что реализация модели противодействия киберэкстремизму среди молодежи «должна идти не по пути индивидуального образования и воспитания, а по пути совместной деятельности, по пути создания богатства отношений, обменом богатства опыта, которым наделен каждый человек» [12].

Публикация выполнена в рамках работы над проектом РГНФ № 13-06-00156 «Подготовка педагогических кадров к профилактике и противодействию идеологии киберэкстремизма среди молодежи».

Список литературы

1. Афанасьев Н.Н. Идеология терроризма // Социально-гуманитарные знания. – 2002. – № 1.
2. Басалай А. Опасность: национальный экстремизм // Диалог. – 1999. – № 10. – С. 43–62.
3. Большая советская энциклопедия. – 3-е изд. – М., 1978. – Т. 30.
4. Верещагин В.Ю., Лабунец М.И. Политический экстремизм: этнонациональная институционализация и регионализация. – Ростов н/Д, 2002.
5. Ганиева Л.Ф. Макашова В.Н., Трутнев А.Ю., Новикова И.Н. Педагогические, психологические и лингвистические аспекты проблемы киберэкстремизма среди молодежи в вузе. ВАК Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12–6. – С. 1289–1293; URL: www.rae.ru/fs/?Section=content&op=show_article&article_id=10005587
6. Ганиева Л.Ф. Формирование культуры информационной безопасности у студентов вуза // Современные тенденции развития науки и технологий: сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции 31 мая 2015 г.: в 7 ч. / под общ. ред. Е.П. Ткачевой. – Белгород: ИП Ткачева Е.П., 2015. – Часть IV. – 156 с. 95–98.
7. Глава ФСБ: Интернет остается источником идей экстремизма. – URL: <http://tass.ru/glavnie-novosti/606729> (дата обращения 20.08.2015).
8. Краткий политический словарь. – М., 1989.
9. Малая энциклопедия современных знаний. – 2-е изд., перераб.: В 2 т. – М.; Харьков, 2000. Т. 1.
10. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. – М., 1993.
11. Политология: Краткий энциклопедический словарь-справочник. – Ростов н/Д; М., 1997.

12. Савва Л.И. Межличностное познание в системе профессиональной подготовки будущего учителя: дис. ... докт. пед. наук. – Магнитогорск, 2002. – 359 с.

13. Савва Л.И., Доколин А.С. Модель подготовки студентов вуза к противодействию киберэкстремистской деятельности // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3; URL: <http://www.science-education.ru/123-19754> (дата обращения: 17.06.2015).

14. Советский энциклопедический словарь. – М., 1981.

15. Федеральный список экстремистских материалов. Официальный сайт Министерства юстиции Российской Федерации. – URL: <http://minjust.ru/extremist-materials> (дата обращения 20.08.2015).

16. Филимонов Э.Г. Христианское сектанство и проблемы атеистической работы. – Киев, 1981.

17. Чернова Е.В., Доколин А.С. Применение интерактивных методов обучения для противодействия киберэкстремистской деятельности среди молодежи / Informative and communicative space and a person: materials of the V international scientific conference on April 15–16, 2015. – Prague: Vědecko vydavatelské centrum «Sociosféra-CZ». – 177 p. – ISBN 978-80-7526-017-8. – P. 167–172.

18. Чупров В.И., Зубок Ю.А. Молодежный экстремизм: сущность, формы проявления, тенденции. – М.: Academia, 2009. – 320 с.

19. Чусавитина Г.Н., Недосекина А.Г. Формирование эстетического идеала как средство профилактики киберэкстремизма // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12. – часть 5. – С. 1083–1088

20. Чусавитина Г.Н., Чернова Е.В. Толерантность как средство борьбы с экстремизмом и терроризмом // Современные проблемы науки и образования: тезисы докл. XLIII внутривуз. науч. конф. преп. МаГУ. – Магнитогорск. 2011. – С. 100–102.

References

1. Afanasiev N.N. *Socialno-gumanitarnye znaniya* Socially-humanitarian knowledge, 2002. no. 1.

2. Basali A. *Danger: national extremism*, 1999, no. 10, pp. 43–62.

3. *Bolshaja sovetskaja jenciklopedija* (The great Soviet encyclopedia), Vol. 30, Moscow, 1978.

4. Vereshagin V.Ju., Labunec M.I. *Politicheskij jekstremizm: jetnacionalnaja institucionalizacija i regionalizacija* (Political extremism: ethnic and national institutionalization and regionalization), Rostov n/D, 2002.

5. Ganieva L.F. Macachova V.N., Trutnev A.Y., Novikova I.N. *Pedagogical, psychological and linguistic aspects of the problem of cyber extremism among youth in high school*. WAC Fundamental research. 2014. no. 12–6. pp. 1289–1293; URL: www.rae.ru/fs/?Section=content&op=show_article&article_id=10005587

6. Ganieva L.F. *A culture of information security in University student any trends in the development of science and technology*: collection of scientific works on materials of II International scientific-practical conference, may 31, 2015: 7 p.m. / ed. by E.P. the possessers. Belgorod: SP Tkachev, E.P., 2015. Part IV. 156 pp. 95–98.

7. The head of the FSB: the Internet remains a source of ideas of extremism, available at: <http://tass.ru/glavnie-novosti/606729> (accessed 20 August 2015).

8. *Kratkij politicheskij slovar* (A concise political dictionary), Moscow, 1989.

9. *Malaja jenciklopedija sovremennyh znaniy* (Small encyclopedia of modern knowledge), Vol. 1, Moscow, Kharkov, 2000.

10. *Ozhegov S.I., Shvedova N.Ju. Tolkovyj slovar russkogo jazyka* (Explanatory dictionary of the Russian language). Moscow, 1993.

11. *Politologija: Kratkij jenciklopedicheskij slovar-spravochnik* (Political science: Brief encyclopedic dictionary), Rostov n/D, Moscow, 1997.

12. Savva L.I. Interpersonal cognition in the system of professional training of future teacher: Diss. ... doctor. PED. Sciences, Magnitogorsk, 2002, 359 p.

13. Savva L.I., Dokolin A.S. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija* Modern problems of science and education, 2015, no. 3, available at: <http://www.science-education.ru/123-19754>.

14. *Sovetskij jenciklopedicheskij slovar* (Soviet encyclopedia dictionary), Moscow, 1981.

15. *The Federal list of extremist materials. Official website of the Ministry of justice of the Russian Federation*, available at: <http://minjust.ru/extremist-materials> (accessed 20 August 2015).

16. Filimonov Je.G. *Hristianskoe sektantstvo i problemy ateisticheskoy raboty* (Christian sectarianism and the problems of atheistic work), Kiev, 1981.

17. Chernova E.V., Dokolin A.S. *Use of interactive teaching methods to counter cyberactivists activity among youth / Informative and communicative space and a person: materials of the V international scientific conference on April 15–16, 2015*. Prague: Vědecko vydavatelské centrum «Sociosféra-CZ», 177 p., ISBN 978-80-7526-017-8, pp. 167–172.

18. Chuprov V.I., Zubok Ju.A. *Molodezhnyj jekstremizm: sushnost, formy projavlenija, tendencii* (Youth extremism: the nature, manifestations, trends). Moscow, Academia, 2009. 320 p.

19. Chusavitina G.N., Nedosekina A.G. Formation of the aesthetic ideal as a means of preventing kiberektremizma // Basic Research. 2014. no. 12. Part 5 pp. 1083–1088.

20. Chusavitina G.N., Chernova E.V. *Tolerance as a means of combating extremism and terrorism* // Modern problems of science and education: abstracts of. XLIII of votives. scientific. Conf.prep. The magician. Magnitogorsk. 2011. pp. 100–102.

Рецензенты:

Савва Л.И., д.п.н., профессор кафедры профессионального образования, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск;

Кадченко С.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры прикладной математики и информатики физико-математического факультета, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

УДК 551.599.21

ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ВОЗВРАТНОГО УДАРА МОЛНИИ**Думаева Л.В., Езаова А.Г.***Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик,
e-mail: armand97a@gmail.com, alena_ezaova@mail.ru*

Работа посвящена исследованию параметров молний на землю различной полярности. В данной работе для определения параметров тока молнии на Северном Кавказе использованы данные, полученные грозо-регистратором LS 8000 Высокогорного геофизического института. Грозорегистратор обеспечивает прием информации о молниях со всей территории Северного Кавказа. Выполнен анализ результатов регистрации временных параметров импульсов токов молний. Анализ базы данных позволил найти средние значения амплитуды токов, времени нарастания и времени спада волны тока в каналах молний различных полярностей. Проведен анализ полученных результатов и на основе математических методов установлены аналитические зависимости для распределения токов молний. Получены законы нарастания и убывания электрического тока в импульсе для первых компонентов отрицательных и положительных наземных разрядов токов молний. Сделан сравнительный анализ полученных аналитических выражений с аналогами.

Ключевые слова: молния, крутизна тока, амплитуда тока молнии, грозорегистратор, полярность молнии, длительность волны тока

NUMERICAL MODEL RETURN STROKE OF LIGHTNING**Dumaeva L.V., Ezaova A.G.***H.M. Berbekov Kabardino-Balkarian State University,
Nalchik, e-mail: armand97a@gmail.com, alena_ezaova@mail.ru*

The work dedicates to the research of the parameters of lightning on the Earth of different polarity. In this work facts were used to define the parameters of the current of lightning in the Northern Caucasia. The stormy registrar guarantees the receiving of information about lightnings from the whole territory of the Northern Caucasia. The analysis of the results of the registration of time parameters of the lightnings current impulses. They were received from the stormy registrar LS 8000 of Alpine geophysical institute. The analysis of the database allowed finding average meaning of the currents amplitude, time of accumulation and the time of recession of the current wave in the lightnings canals of different polarities. The analysis of obtained results has been performed and the analytical dependencies for the distribution of the lightning currents established applying the mathematical methods. The laws of increase and decrease of electricity in impulse for the first components of the negative and positive ground discharge currents of lightning were received. A comparative analysis of the analytical expressions with analogues were made.

Keywords: lightning, steepness of the current, the amplitude of the lightning current, thunder-detector, the polarity of lightning, the duration of the current wave

Как известно, наиболее изученным является отрицательный молниевый разряд между облаком и землей. Его развитие начинается с движения ступенчатого лидера к земле, затем по подготовленному каналу немедленно следует очень яркий возвратный удар. Возвратный удар распространяется от земли к облаку. Время (период), предшествующее первому возвратному удару во вспышке, называется стадией ступенчатого лидера. Если после первого обратного удара подводится дополнительный электрический заряд к бездействующему каналу возвратного удара за время, меньшее примерно 100 мс, то непрерывный, или стрелковидный, лидер проходит этот канал возвратного удара, увеличивая степень ионизации в нем. Затем по вновь подготовленному стрелковидным лидером каналу проходит очередной возвратный удар.

Характеристики импульса тока являются определяющими как при решении задач молниезащиты различных объектов, так и для численных расчетов энерговыделения в канале молнии.

При организации молниезащиты различных объектов: линий электропередач, зданий, летательных аппаратов и др. согласно инструкции [3] – для проведения расчетов принята стилизованная кривая импульса тока первого компонента отрицательной молнии (рис. 1) со следующими характерными значениями: амплитуда тока $J_m = 20$ кА, длительность нарастания волны тока $\tau_r = 10$ мкс и длительность спада волны тока $\tau_c = 200$ мкс. Предложенное в [3] распределение $J(t)$ в целом позволяет удовлетворительно вести расчеты для определения предельных значений параметров молниезащиты. Однако для численных моделей

возвратного удара молнии требуются аналитические выражения нарастания и убывания электрического тока.

В работе [4] предложено использовать для расчета первого импульса разряда молнии, приносящего на землю отрицательный заряд, следующее выражение:

$$J(t) = J_0(e^{-\alpha t} - e^{-\beta t}) + J_1 e^{-\gamma t}. \quad (1)$$

Параметры J_0 , α и β выбраны таким образом, чтобы иметь наиболее реальные времена нарастания тока, максимальный ток и время спада тока до половины максимального значения. Параметры J_{01} и γ можно выбирать так, чтобы получить близкий к реальному промежуточный ток. Авторы [4] предлагают при необходимости в выражение (1) вводить дополнительный член, описывающий непрерывный ток. Предложено использовать следующие параметры для первого импульса, приносящего на землю отрицательный заряд:

$$\alpha = 2 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}; \beta = 2 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}; J_0 = 30 \text{ кА},$$

а для последующих импульсов

$$\alpha = 1,4 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}; \beta = 6 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}; J_0 = 10 \text{ кА}.$$

Приемлемыми параметрами для промежуточных токов являются

$$\gamma = 1,0 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}; J_1 = 2,5 \text{ кА}.$$

Согласно инструкции [3] принята форма импульса тока молнии, представленная на рис. 1. Как правило, при разряде молнии на землю имеют место несколько подобных импульсов (ударов). Согласно исследованиям на Северном Кавказе количество импульсов может достигать до 16.

При сравнении значений $J(t)$ по формуле (1) кривая 1 на рис. 2 с принятой в России формой импульса тока молний (рис. 1) показывает их существенное расхождение. Кроме того, выражение (1), найденное по осциллограммам, создаваемым отрицательными молниями электрических полей, не применимо для положительных разрядов молний. Средние значения положительных и отрицательных разрядов достаточно различаются. Так для Северного Кавказа [1] их различие составляет от нескольких кА до 10 кА при средних значениях 16,8 и 22,9 кА соответственно для положительных и отрицательных разрядов молнии.

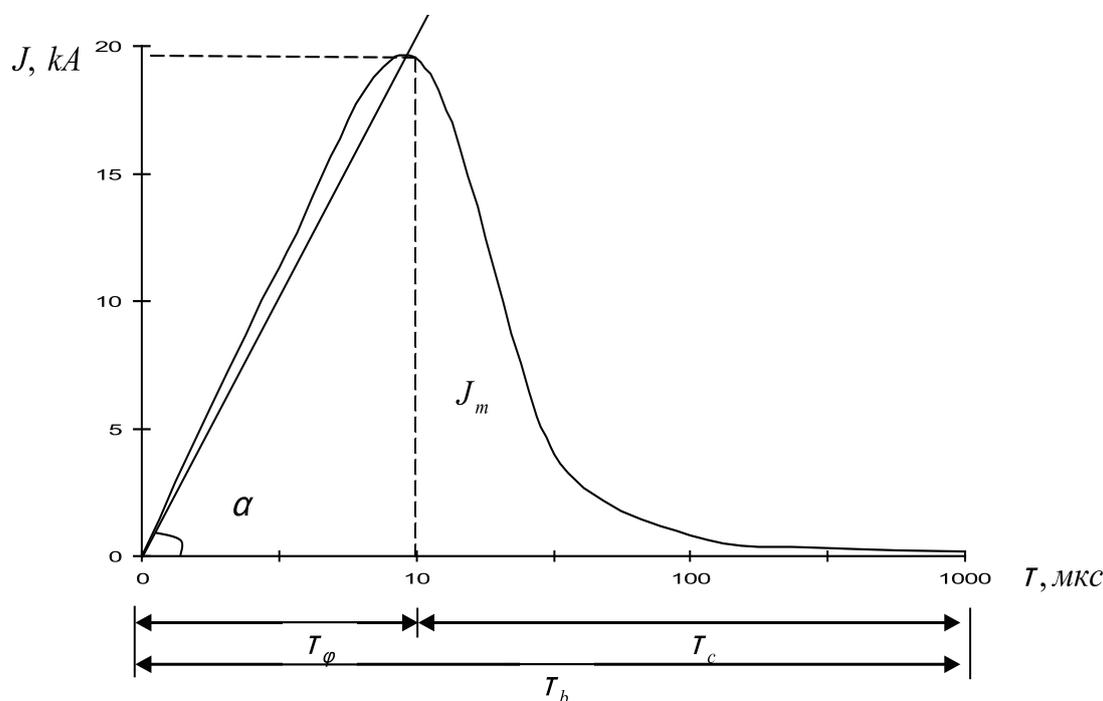


Рис. 1. Форма импульса тока молнии $J(t)$ и его параметры:
 J_m – амплитуда тока молнии; τ_ϕ – длительность фронта волны тока;
 τ_c – длительность спада волны тока; τ_b – длительность волны тока; α – крутизна тока молнии

Другое аналитическое выражение $J(t)$ предложено в работе [5], кривая 2 на рис. 2. Согласно [2] временной ход $J(t)$ задается в виде выражения

$$J(t) = J_0 \cdot \begin{cases} 0, & \text{при } t \leq t_0; \\ \frac{(t-t_0)}{t_m}, & \text{при } t_0 \leq t \leq t_m + t_0; \\ \exp\left[\frac{-(t-t_0-t_m)}{t_c}\right], & \text{при } t_m + t_0 \leq t, \end{cases} \quad (2)$$

где $J_0 = 10...110$ кА – вероятный интервал изменения максимального тока в канале молнии; $t_m = 1...15$ мкс – типичное время нарастания волны тока в канале молнии; t_c – достаточно малый интервал времени между прохождением лидера и возвратным ударом молнии, при котором происходит основное энерговыделение.

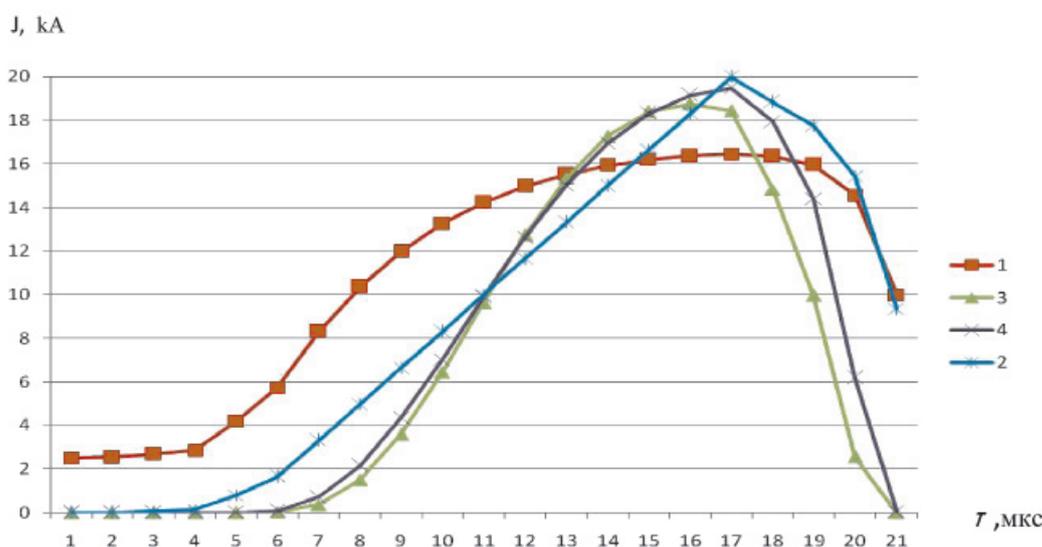


Рис. 2. Токи первой компоненты молнии различной полярности:
 ряд 1 – экспериментальная кривая импульсов токов первых компонент отрицательных молний;
 ряд 2 – экспериментальная кривая импульсов токов первых компонент положительных молний;
 ряд 3 – расчетная кривая импульсов токов первых компонент отрицательных молний;
 ряд 4 – расчетная кривая импульса токов первых компонент положительных молний

В [2] выражение (2) использовано для численного моделирования возвратного удара молнии. Была предложена численная модель возвратного удара молнии, позволяющая рассчитывать характеристики проводящего канала и определять выделяющуюся в нем энергию. В результате расчетов в [5] получена приближенная связь между током $J(t)$, временем разряда ($\tau_0 + \tau_c$) и энерговыделением, которое для известных наблюдаемых характеристик импульса тока молнии составляет от 10 до 200 Дж/см.

Следует отметить, на это указывают и авторы [2 и 5], точность расчета во многом определяется задаваемым законом нарастания и убывания электрического тока в импульсе разряда молнии. Кроме этого

и в расчетах [2] авторы также не учитывают знак (полярность) разряда молнии.

В настоящей статье устраняются некоторые из перечисленных недостатков – полярность разряда – и предлагается более точное аналитическое выражение для токов молний различных типов. Для определения аналитических выражений токов молний различной полярности нами использованы статистические данные значений амплитуд токов молний J_m , времени нарастания τ_0 и спада τ_c волны тока, полученные грозорегистратором LS8000 Высокогорного геофизического института [1] в 2008–2010 гг. Согласно паспортным данным точность их регистраций составляет около 10%. Молниевые разряды на землю грозорегистратор разделял на положительные и отрицательные.

Анализ данных показал, что для отрицательных молний

$$\begin{aligned} J_{\max} &= 16,8 \text{ кА}; \\ \tau_{\phi} &= 11,6 \text{ мкс}; \\ \tau_c &= 26,6 \text{ мкс}. \end{aligned} \quad (3)$$

Для положительных молний

$$\begin{aligned} J_{\max} &= 22,9 \text{ кА}; \\ \tau_{\phi} &= 13,3 \text{ мкс}; \\ \tau_c &= 22,4 \text{ мкс}. \end{aligned} \quad (4)$$

С использованием полученных значений параметров молний различной полярности (3) и (4) методами математической статистики нами найдены выражения для токов молний.

Аналитическое выражение $J_0(t)$ для отрицательных наземных разрядов закон нарастания и убывания электрического тока в импульсе нами получено в виде

$$J_0(t) = c_1 \cdot t^{a_1} \cdot e^{-b_1 t}. \quad (5)$$

В выражении (5) при значениях t в мкс правое выражение имеет размерность кА; c_1 , a_1 и b_1 – численные коэффициенты.

$$c_1 = 0,04; a_1 = 4,42; b_1 = 0,42.$$

Аналитическое выражение $J_n(t)$ для положительных наземных разрядов – закон нарастания и убывания электрического тока в импульсе нами получено в виде

$$J_n(t) = c_2 \cdot t^{a_2} \cdot e^{-b_2 t}. \quad (6)$$

При значениях t в мкс правое выражение также имеет размерность кА; c_2 , a_2 и b_2 – численные коэффициенты для положительных молниевых разрядов.

$$c_2 = 0,12; a_2 = 3,45; b_2 = 0,38.$$

Стилизованные кривые импульсов токов первых компонентов отрицательных и положительных молний представлены на рис. 2, кривые 3 и 4 соответственно. Следует отметить, что полученные аналитические выражения $J(t)$ для токов молний различной полярности достаточно хорошо совпадают с другими данными. При этом полученные выражения (5) и (6) имеют достаточно простой вид. По сравнению с другими выражениями, например с заданным в виде (2), предполагаемое нами распределение $J(t)$ по форме ближе к принятым в СНИП России распределениям (рис. 1).

Из выражения (5) и (6) получим

$$\frac{J_n}{J_0} = \frac{c_2}{c_1} t^{a_2 - a_1} \cdot e^{-t(b_2 - b_1)}. \quad (7)$$

Анализ соотношения (7) для различных периодов грозовой деятельности конкретного грозового очага, например изолированного грозового облака, показывает, что оно не постоянно.

В начальной и в конечной стадии развития грозы оно больше, чем в стадии наибольшей грозовой активности. Согласно выполненному нами анализу при объеме выборки около 5000 среднее значение отношения $\frac{J_n}{J_0}$ для Северного Кавказа составляет 1. Кроме этого, средние значения времени нарастания токов положительной полярности превышают время нарастания токов отрицательной полярности (3), (4). Таким образом, учитывая, что нейтрализуемый первым импульсом тока заряд пропорционален произведению $J \cdot t$, можно утверждать, что заряды положительной полярности, формируемые у вершины облака, а также в зоне выпадения осадков превышают заряды отрицательной полярности. Если иметь в виду, что закон сохранения электрического заряда в облаке, несомненно, имеет место, то сделанный нами вывод $J_n > J_0$ означает, что часть отрицательного заряда не участвует в формировании молниевых разрядов, либо нейтрализуется токами, не фиксируемые грозорегистратором LS8000 слабыми разрядами.

Список литературы

1. Аджиев А.Х., Аджиева А.А., Дорина А.Н. Определение параметров молниевых разрядов // Известия высших учебных заведений. Северокавказский регион. Физика атмосферы. – 2010. – С. 10–12.
2. Дубовой Э.И., Прыжинский В.И., Читанова Г.И. Расчет энерговыделения в канале молнии // Метеорологии и гидрологии. – 1991. – № 2. – С. 40–45.
3. Стандарт отраслевой: СО – 153 – 34.21.122 – 2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М.: Изд-во МЭИ, 2004.
4. Dennis A.S., Pierce E.T. The Return Stroke of a Lightning Flash to Earth as a Source of VLF Atmospheres // I. Res / NBS/USNC-URSI, 68D (Radio Science). – 1964. – P. 777–794.
5. Plooster M.N. Numerical model of the return strophe the lightning discharge // Phys. Fluids. – 1971. – Vol. 14, № 10.

References

1. Adzhiev A.H., Adzhieva A.A., Dorina A.N. Opredelenie parametrov molnievyyih razryadov. Izvestiya vysshih uchebnyih zavedeniy. Severokavkazskiy region. Fizika atmosferyi. 2010. pp. 10–12.
2. Dubovoy E.I., Pryazhinskiy V.I., Chitanova G.I. Raschet energovyideleniya v kanale molnii // Meteorologii i gidrologii. 1991. no. 2. pp. 40–45.
3. Standart otraslevoy: SO – 153 – 34.21.122 – 2003. Instruktsiya po ustroystvu molniezaschityi zdaniy, sooruzheniy i promyshlennyyih kommunikatsiy. M.: Izdatelstvo MEI, 2004.
4. Dennis A.S., Pierce E.T. The Return Stroke of a Lightning Flash to Earth as a Source of VLF Atmospheres // I. Res/ NBS/USNC-URSI, 68D (Radio Science). 1964. pp. 777–794.
5. Plooster M.N. Numerical model of the return strophe the lightning discharge // Phys. Fluids. 1971. Vol. 14, no. 10.

Рецензенты:

Ахкубеков А.А., д.ф.-м.н., профессор кафедры физики наносистем, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик;

Хаширова Т.Ю., д.т.н., профессор кафедры, зав. кафедрой САКТУ, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик.

УДК 661.61

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ
ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК****Дьячкова Т.П., Хан Ю.А., Балыбина Н.Н., Буракова Е.А., Баранов А.А.,
Орлова Н.В., Рухов А.В.***ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»,
Тамбов, e-mail: mashtatpetr@mail.ru*

Спектроскопия комбинационного рассеяния (КР) является одним из инструментов исследования структуры графеновых слоев углеродных нанотрубок (УНТ). В данной работе изучены спектры КР синтезированных методом газофазного химического осаждения УНТ двух морфологических типов, отличающихся диаметром, числом графеновых слоев и взаимным расположением в объеме материала. Исследованы изменения интенсивностей характерных пиков и рассчитанных по ним показателей дефектности УНТ в ходе жидкофазного окисления концентрированной азотной кислотой. На начальном этапе взаимодействия УНТ с 65%-ной кипящей азотной кислотой происходит удаление остаточной аморфной фазы. Поверхность УНТ большего диаметра в данном случае является менее дефектной и более устойчивой к длительному окислению. УНТ меньшего диаметра нецелесообразно обрабатывать азотной кислотой в течение длительного времени, поскольку это приводит к значительным деструктивным изменениям поверхности.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, спектры комбинационного рассеяния, окислительная функционализация, графеновые слои, показатель дефектности, деструктивные изменения

A STUDY OF RAMAN SPECTRA OF FUNCTIONALIZED CARBON NANOTUBES**Dyachkova T.P., Khan Y.A., Balybina N.N., Burakova E.A., Baranov A.A.,
Orlova N.V., Rukhov A.V.***Tambov State Technical University, Tambov, e-mail: mashtatpetr@mail.ru*

Raman spectroscopy is one of the tools for studying of carbon nanotubes (CNTs) graphene layers structure. In this paper the Raman spectra of two morphological types of CNTs synthesized via chemical vapor deposition were studied. These materials presented different diameters, graphene layers numbers and mutual arrangement in the bulk. The changes in the characteristic peaks intensities and parameters calculated there of (CNTs defect rate) during the liquid phase oxidation by concentrated nitric acid were studied. At the initial stage of the interaction between the CNTs and 65% boiling nitric acid the amorphous phase residual removed. In this case, the surface of the larger-diameter CNTs is less defective and more resistant to prolonged oxidation. The long time treatment of the smaller-diameter CNTs by nitric acid is impractical, since it leads to substantial destructive changes of the surface.

Keywords: carbon nanotubes, Raman spectra, oxidative functionalization, graphene layers, defect rate, destructive changes

Углеродные нанотрубки (УНТ) обладают уникальными свойствами и находят применение в самых разных областях науки и техники. Как правило, они представляют собой свернутые в цилиндры плоскости графена, образующие одно- или многослойные структуры с диаметром 1–100 нм и длиной до нескольких мкм и имеющие открытые или закрытые концы [9]. Электропроводящие и физико-химические свойства УНТ в большой степени зависят от их морфологических и геометрических характеристик, которые в свою очередь обусловлены методом получения материала и способом его дальнейшей обработки. Вариабельность показателей УНТ предопределяет перспективы их использования в составе полимерных композитов [8], сорбентов [6], электродных и сенсорных материалов [5, 7].

Для адаптации УНТ к полимерным матрицам и растворителям часто осуществляется функционализация их поверхностных графеновых слоев посредством обработки различными химическими реагента-

ми. Наиболее часто в качестве первой или единственной ступени функционализации УНТ выступает жидкофазное или газофазное окисление. При этом происходит формирование различных кислородсодержащих групп (гидроксильных, карбонильных, карбоксильных, ангидридных, лактонных, эфирных и т.д.), качественный и количественный состав которых влияет на совместимость УНТ с модифицируемыми средами. Также при окислении наблюдается изменение морфологии нанотрубок, чаще всего их укорочение и увеличение дефектности графеновых слоев [4]. Глубокие деструктивные изменения могут приводить к снижению прочностных, тепло- и электропроводящих характеристик композитов на основе УНТ.

Наиболее информативным из современных методов исследования дефектности структуры графеновых слоев различных углеродных материалов является спектроскопия комбинационного рассеяния (КР), основанная на использовании эффекта

Рамана, заключающегося в возникновении упругого и неупругого рассеяния падающих лучей при облучении объекта монохроматическим оптическим излучением. В спектрах КР многослойных УНТ наблюдаются две характерные моды: G ($1500\text{--}1600\text{ см}^{-1}$), обусловленная колебаниями атомов углерода в плоскости графенового слоя, и D ($1250\text{--}1450\text{ см}^{-1}$), связанная с наличием атомов углерода в состоянии sp^3 -гибридизации [3]. Значение соотношения D/G используют для оценки степени дефектности поверхности УНТ. Дополнительные сведения о структуре графеновых слоев УНТ позволяют получить также идентифицируемые на спектрах КР пики D' ($1600\text{--}1630\text{ см}^{-1}$), G^2 ($\sim 2700\text{ см}^{-1}$), $D + D'$ ($\sim 2950\text{ см}^{-1}$) [1].

С целью определения условий функционализации, при которых наблюдаются несущественные деструктивные изменения поверхности, в настоящей работе исследовалось влияние окисления в концентрированной азотной кислоте на спектры КР УНТ разных морфологических типов.

Материалы и методы исследования

В работе использованы многослойные УНТ производства ООО «Нанотехцентр (Тамбов): «Таунит-М» с наружным диаметром от 8 до 15 нм, внутренним – от 4 до 8 нм и длиной от 2 мкм; «Таунит-МД» с наружным диаметром от 30 до 80 нм, внутренним – от 10 до 20 нм и длиной от 20 мкм (рис. 1). Оба типа УНТ имеют графеновые слои цилиндрической формы. Характерной особенностью второго материала является то, что он состоит из пучков расположенных параллельно друг другу нанотрубок.

Обработку УНТ концентрированной HNO_3 (65%, квалификации «х.ч.») осуществляли кипячением в колбе с обратным холодильником. На 1 г исходных УНТ брали 50 мл азотной кислоты. Время процесса варьировало от 30 до 400 минут. По окончании обработки УНТ отделяли от избытка азотной кислоты, промывали на фильтре дистиллированной водой до

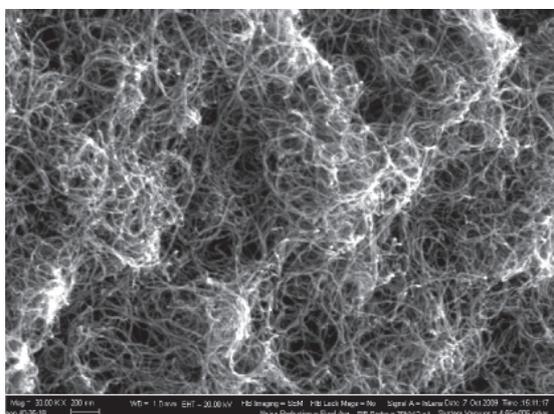
нейтрального pH фильтрата. Полученную пасту высушивали в токе аргона при температуре $70\text{--}80^\circ\text{C}$.

Спектры КР образцов исходных и окисленных УНТ, возбужденные монохроматическим излучением с длиной волны 532 нм, снимали с помощью спектрометра комбинационного рассеяния с конфокальным микроскопом DXR Raman Microscope (Termo Scientific) на раман-аморфной подложке из оксида алюминия. Время экспозиции составляло – 2 секунды; число экспозиций – 5; число экспозиций для фона – 512. Использована решетка – 900 лин/мм; апертура спектрографа – 50 мкм, тип «щель». Для анализа спектров использовалось ПО «Omnis 9», поставляемое вместе со спектрометром.

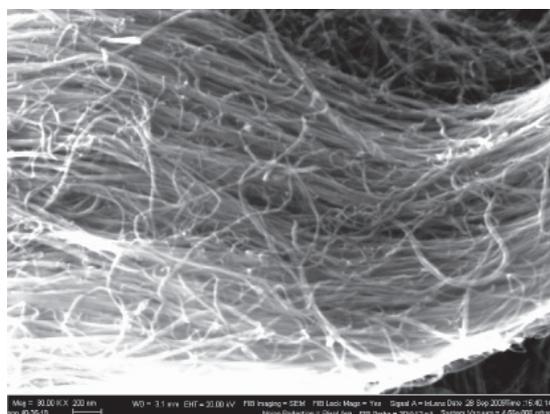
Результаты исследования и их обсуждение

Спектры КР исходных и окисленных УНТ «Таунит-М» и «Таунит-МД» имеют ряд характерных особенностей. В спектрах рассеяния первого порядка ($1000\text{--}1700\text{ см}^{-1}$) в первом приближении фиксируются 2 пика с положением около 1340 и 1600 см^{-1} (рис. 2). Первый из них – D – указывает на образование алмазоподобных sp^3 -связей при возникновении топологических дефектов в графеновых слоях и наличие частиц аморфного углерода.

Второй пик по мере увеличения продолжительности окисления все отчетливее делится на два более мелких – G ($\sim 1560\text{--}1590\text{ см}^{-1}$) и D' ($\sim 1600\text{--}1630\text{ см}^{-1}$). Также его высота относительно первого (D) становится все меньше. Наличие пика G свидетельствует о присутствии правильных графеновых слоев, состоящих из атомов углерода в состоянии sp^2 -гибридизации. Полоса D' указывает на наличие в материалах структурных дефектов, она появляется из-за нарушений правил отбора по волновому вектору, которые приводят к активации в спектрах КР фононов из внутренних точек зоны Бриллюэна [2].



а



б

Рис. 1. Электронные изображения УНТ «Таунит-М» (а) и «Таунит-МД» (б)

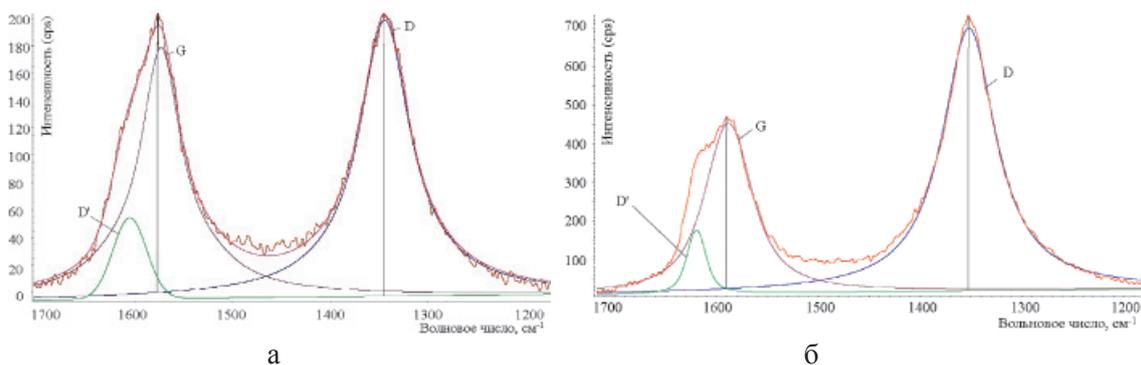


Рис. 2. Спектры КР первого порядка для исходных УНТ (а) и обработанных в кипящей азотной кислоте (б) УНТ «Таунит-М»

Необходимо отметить, что исходные УНТ «Таунит-МД» являются менее дефектными, чем УНТ «Таунит-М». Однако для обоих материалов характерно то, что при продолжительном окислении полосы D и D' становятся более выраженными. Это подтверждает разрушающее действие окислителя на поверхность УНТ.

Спектр рассеяния второго порядка (2400–3200 cm^{-1}) представлен широкими малоинтенсивными полосами при ~ 2700 (G') и 2950 ($D + D'$) cm^{-1} (рис. 3). Причем вторая полоса становится более выраженной по мере увеличения времени окисления УНТ в азотной кислоте.

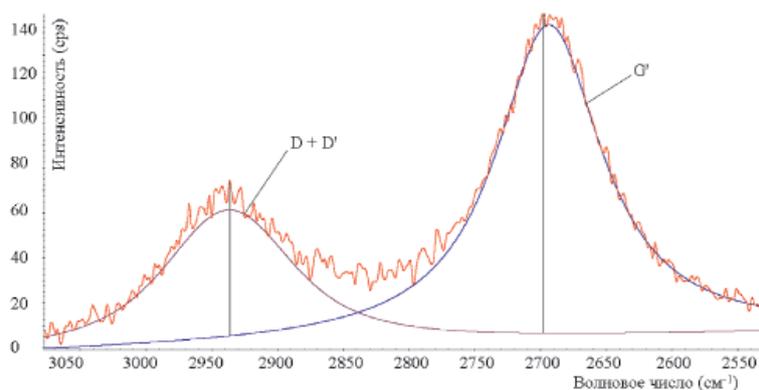


Рис. 3. Спектр КР второго порядка для УНТ «Таунит-М», обработанных в кипящей азотной кислоте в течение 400 минут

Данные спектроскопии КР исходных и окисленных углеродных нанотрубок

Показатель	УНТ «Таунит-М»					УНТ «Таунит-МД»				
	исходные	окисленные в кипящей 65%-ной HNO_3 в течение				исходные	окисленные в кипящей 65%-ной HNO_3 в течение			
		30 мин	150 мин	270 мин	400 мин		30 мин	150 мин	210 мин	400 мин
Интенсивность D , cps	198,7	165,3	368,0	556,5	570,8	281,8	223,0	309,1	361,2	423,0
Интенсивность G , cps	190,4	176,0	284,3	399,0	381,7	335,3	285,3	302,9	317,0	304,7
Интенсивность D' , cps	122,2	125,9	224,7	353,7	320,5	191,0	189,6	226,8	200,1	234,6
Интенсивность $D + D'$, cps	12,7	12,3	28,0	47,6	53,1	29,4	19,7	20,7	32,1	38,8
Интенсивность G' , cps	77,3	74,8	91,35	99,9	115,7	178,2	131,1	127,5	137,3	123,4
Соотношение D/G	1,04	0,94	1,30	1,39	1,50	0,84	0,78	1,02	1,14	1,39

Интенсивности характерных пиков на спектрах КР и их рассчитанные соотношения для УНТ «Таунит-М» и «Таунит-МД» представлены в таблице. Согласно приведенным данным, УНТ «Таунит-МД» характеризуются более интенсивными спектральными линиями и меньшим значением соотношения D/G , чем УНТ «Таунит-М». Оба фактора в совокупности могут быть обусловлены следующими особенностями УНТ «Таунит-МД»:

- 1) меньшим количеством дефектов на поверхности;
- 2) меньшим содержанием включений аморфной фазы;
- 3) большим диаметром.

Вследствие этого количество вакансий на поверхности УНТ «Таунит-МД», участвующих в химических реакциях, и реакционная способность в целом ниже, чем аналогичные характеристики УНТ «Таунит-М».

В ходе окисления возможно удаление из объема материалов аморфной фазы. Например, аморфный углерод может взаимодействовать с концентрированной азотной кислотой по реакции



и удаляться в виде CO_2 . В этом случае степень дефектности материала, оцениваемая, например, посредством величины соотношения D/G , должна снижаться. С другой стороны, при окислении возможно возникновение новых дефектных участков на поверхности графеновых слоев за счет формирования функциональных групп [4]. При этом показатель D/G должен увеличиваться.

Согласно полученным данным, при окислении УНТ обоих исследованных типов, снижение показателя D/G наблюдается лишь на начальном этапе реакции с концентрированной азотной кислотой (в течение первых 30 минут процесса). Затем начинается рост показателя дефектности (рис. 4).

Однако даже для функционализированных УНТ «Таунит-МД» при одинаковом времени окисления показатель дефектности ниже, чем для УНТ «Таунит-М». Этот факт находится в соответствии с высказанным ранее предположением о большей реакционной способности УНТ «Таунит-М».

Изменение интенсивностей других пиков на спектрах КР при окислении УНТ концентрированной азотной кислотой показано на рис. 5. По этим зависимостям имеются различия в поведении УНТ «Таунит-М» и «Таунит-МД». Так, для УНТ «Таунит-М» интенсивность полосы G' в ходе взаимодействия с HNO_3 увеличивается, а для УНТ «Таунит-МД» она, напротив, снижается. Выраженность полосы D' практически не меняется при окислительной функционализации УНТ «Таунит-МД» представленным в работе способом. Для УНТ «Таунит-М» по мере увеличения продолжительности процесса пик D' становится более высоким. Зависимость интенсивности $D + D'$ от t для УНТ «Таунит-МД» проходит через минимум при 30–150 мин обработки в HNO_3 . Для УНТ «Таунит-М» высота данного пика начинает расти после 30 минут кипячения в азотной кислоте.

Все эти данные подтверждают большую устойчивость поверхностных слоев УНТ «Таунит-МД» к разрушающему действию окислителя. Следовательно, данный вид нанотрубок может подвергаться более длительному действию азотной кислоты.

Согласно полученным данным, для удаления включений аморфной фазы окисление УНТ обоих типов азотной кислотой целесообразно проводить в течение не более 30 минут. После такого по продолжительности процесса наблюдаются минимальные показатели дефектности поверхности нанотрубок по данным спектроскопии КР. Однако степень функционализации нанотрубок при таком коротком окислении может быть невелика и недостаточна, например, для эффективного диспергирования УНТ в полярных матрицах и средах.

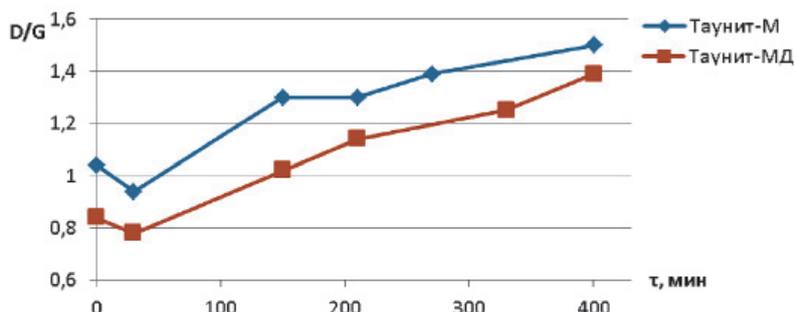


Рис. 4. Зависимость рассчитанного по спектрам КР показателя D/G от времени обработки УНТ кипящей концентрированной азотной кислотой (t)

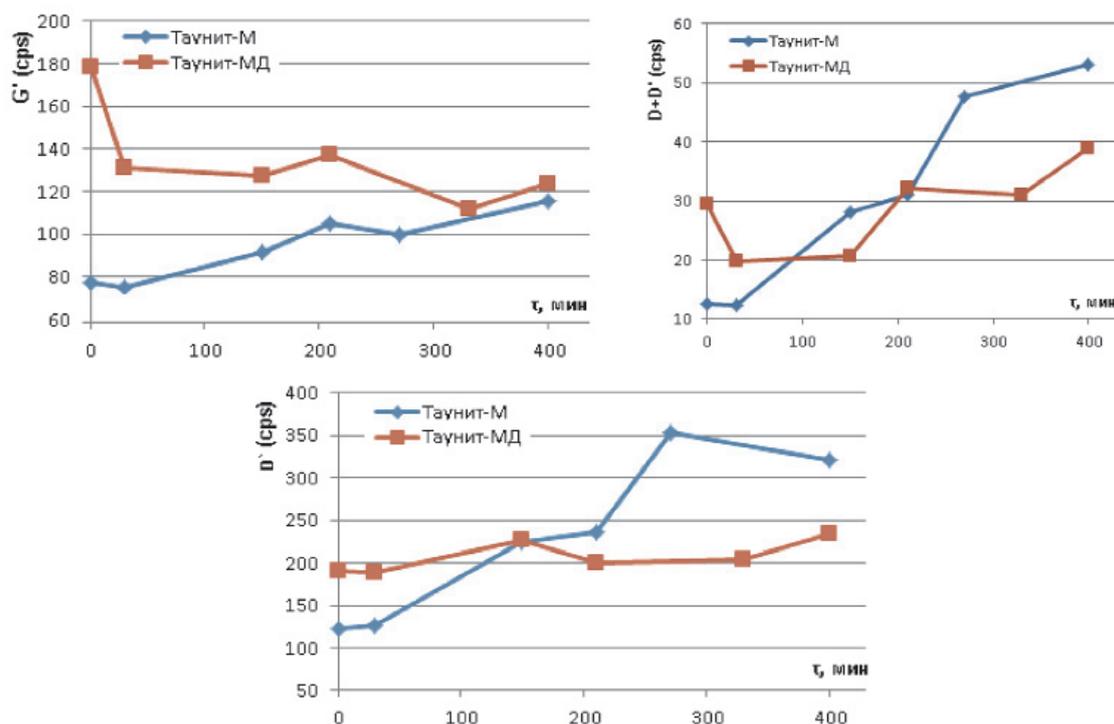


Рис. 5. Изменение интенсивностей полос G' ($\sim 2700 \text{ см}^{-1}$), D' ($\sim 1600\text{--}1630 \text{ см}^{-1}$) и $D + D'$ ($\sim 2950 \text{ см}^{-1}$) на спектрах КР УНТ «Таунит-М» и «Таунит-МД» в ходе их окисления кипящей концентрированной азотной кислотой

Дальнейшее окисление УНТ «Таунит-М» целесообразно проводить не более 200 минут, по истечении которых наблюдается более резкий рост показателей интенсивностей полос D' и $D + D'$. Обработку УНТ «Таунит-МД» можно осуществлять в течение 400 минут и, возможно, более, т.к. в исследованном временном интервале резкого роста показателей дефектности данного вида нанотрубок не наблюдается. Однако необходим учет влияния окисления на объемную морфологию материала, поскольку возможно расщепление пучков (рис. 1, а). В случае, когда это допустимо, можно применить длительное окисление.

Выводы

1. УНТ «Таунит-МД» обладают более совершенной поверхностью, что выражено в меньшем показателе их дефектности (D/G) и большей устойчивости к длительному окислению.

2. На начальном этапе жидкофазного окисления концентрированной азотной кислотой преобладают процессы удаления остаточной аморфной фазы. При этом показатель D/G для обоих исследованных типов УНТ – «Таунит-М» и «Таунит-МД» – снижается.

3. УНТ «Таунит-М» не устойчив к разрушающему действию азотной кислоты, поэтому время его обработки не может превышать более 200 минут.

Работа выполнена в рамках государственной поддержки развития кооперации российских вузов, государственных научных учреждений и организаций, осуществляемой в соответствии с постановлением Правительства РФ от 9.04.2010 г. № 218 (договор № 02.G25.31.0123 от 14.08.2014 г.).

Список литературы

1. Маслова О.А. Спектры комбинационного рассеяния углеродного наноматериала «Таунит» / О.А. Маслова, А.С. Михайкин, И.Н. Леонтьев, Ю.И. Юзюк, А.Г. Ткачев // Российские нанотехнологии. – 2010. – Т.5. – № 9–10. – С. 89–93.
2. Ferrari A. Interpretation of Raman spectra of disordered and amorphous carbon / A. Ferrari, J. Robertson // Phys. Rev. B. – 2000. – Vol. 61(20). – P. 14095–14107.
3. Keszler A.M. Characterisation of carbon nanotube materials by Raman spectroscopy and microscopy – A case study of multiwalled and singlewalled samples / A.M. Keszler, L. Nemes, S.R. Ahmad., X. Fang // Journal of Optoelectronics and Advanced Materials. – 2004. – Vol. 6. – № 4. – P. 1269–1274.
4. Khani H. Influence of surface oxidation on the morphological and crystallographic structure of multi-walled carbon nanotubes via different oxidants / H. Khani, O. Moradi // Journal of Nanostructure in Chemistry. – 2013. – Vol. 3. – P. 73–80.

5. Liu X.-M. Carbon nanotube (CNT)-based composites as electrode material for rechargeable Li-ion batteries: A review / X.-M. Liu, Z.D. Huang, S.W. Oh, B. Zhang, P.-C. Ma, M.M.F. Yuen, J.-K. Kim // *Composite Science and Technology*. – 2012. – Vol. 72. – I. 2. – P. 121–144.

6. Ren X. Carbon nanotubes as adsorbents in environmental pollution management: A review / X. Ren, C. Chen, M. Nagatsu, X. Wang // *Chemical Engineering Journal*. – 2011. – Vol. 170. – I. 2–3. – P. 395–410.

7. Sinha N. Carbon Nanotube-Based Sensors / N. Sinha, J. Ma, J. Yeow // *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. – 2006. – Vol. 6. – P. 573–590.

8. Spitalsky Z. Carbon nanotube – polymer composites: Chemistry, processing, mechanical and electrical properties / Z. Spitalsky, D. Tasis, K. Paragelis, C. Galiotis // *Progress in Polymer Science*. – 2010. – Vol. 35. – I. 3. – P. 357–401.

9. Zhang M. Carbon nanotube in different shapes / M. Zhang, J. Li // *Materials today*. – 2009. – Vol. 12. – № 6. – P. 12–18.

4. Khani H. Influence of surface oxidation on the morphological and crystallographic structure of multi-walled carbon nanotubes via different oxidants / H. Khani, O. Moradi // *Journal of Nanostructure in Chemistry*. 2013. Vol. 3. pp. 73–80.

5. Liu X.-M. Carbon nanotube (CNT)-based composites as electrode material for rechargeable Li-ion batteries: A review / X.-M. Liu, Z.D. Huang, S.W. Oh, B. Zhang, P.-C. Ma, M.M.F. Yuen, J.-K. Kim // *Composite Science and Technology*. 2012. Vol. 72. I. 2. pp. 121–144.

6. Ren X. Carbon nanotubes as adsorbents in environmental pollution management: A review / X. Ren, C. Chen, M. Nagatsu, X. Wang // *Chemical Engineering Journal*. 2011. Vol. 170. I. 2–3. pp. 395–410.

7. Sinha N. Carbon Nanotube-Based Sensors / N. Sinha, J. Ma, J. Yeow // *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. 2006. Vol. 6. pp. 573–590.

8. Spitalsky Z. Carbon nanotube polymer composites: Chemistry, processing, mechanical and electrical properties / Z. Spitalsky, D. Tasis, K. Paragelis, C. Galiotis // *Progress in Polymer Science*. 2010. Vol. 35. I. 3. pp. 357–401.

9. Zhang M. Carbon nanotube in different shapes / M. Zhang, J. Li // *Materials today*. 2009. Vol. 12. no. 6. pp. 12–18.

References

1. Maslova O.A. Spektroy kombinatsionnogo rasseyaniya ugleodorodnogo nanomateriala «Taunit» / O.A. Maslova, A.S. Miheykin, I.N. Leontev, Yu.I. Yuzyuk, A.G. Tkachev // *Rossiyskie nanotekhnologii*. 2010. T.5. no. 9–10. pp. 89–93.

2. Ferrari A. Interpretation of Raman spectra of disordered and amorphous carbon / A. Ferrari, J. Robertson // *Phys. Rev. B*. 2000. Vol. 61(20). pp. 14095–14107.

3. Keszler A.M. Characterisation of carbon nanotube materials by Raman spectroscopy and microscopy A case study of multiwalled and singlewalled samples / A.M. Keszler, L. Nemes, S.R. Ahmad., X. Fang // *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*. 2004. Vol. 6. no. 4. pp. 1269–1274.

Рецензенты:

Нагорнов С.А., д.т.н., профессор, зам. директора по научной работе ГНУ ВИИТИН, г. Тамбов;

Арзамасцев А.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой математического моделирования и информационных технологий, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов.

УДК 629.331.1

ВЛИЯНИЕ РАЗНИЦЫ СКОРОСТИ ИЗНОСА ПЕРЕДНИХ И ЗАДНИХ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК АВТОМОБИЛЯ НА ДОПУСТИМУЮ ВЕЛИЧИНУ ОТКЛОНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДНИХ И ЗАДНИХ КОЛЁС

¹Ерасов И.А., ¹Молев Ю.И., ¹Стрижак А.Д., ²Прошин Д.Н.

¹ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижегород, e-mail: mon-gosha@rambler.ru, erasoff2013@yandex.ru,
moleff@yandex.ru, strizh-ark@yandex.ru;

²Частное учреждение дополнительного образования ЧУДО «РуЭ», Нижегород,
e-mail: proshdn@mail.ru

В статье рассматривается важная задача для автомобильного транспорта и в целом для общего машиностроения в Российской Федерации. Показано влияние различных факторов на аварийность автомобилей и других транспортных средств. Приведена методика расчёта изменения времени срабатывания тормозных механизмов автомобиля передней и задней оси. На основе существующей методики расчёта показано, на сколько изменяется время срабатывания при установке колёс с разным рисунком протектора (разным коэффициентом сцепления колеса с дорогой). Разработаны требования, обеспечивающие отсутствие заноса автомобиля при экстренном торможении, учитывающие не только разницу в конструкции колёс, но и изменение технического состояния транспортного средства в период эксплуатации, а именно изменение зазора между тормозными колодками и тормозными дисками.

Ключевые слова: расход топлива, устойчивость торможения, допустимая разность коэффициентов сцепления передних и задних колёс автомобиля, время срабатывания тормозной системы

THE INFLUENCE OF THE DIFFERENCE IN THE WEAR RATE OF FRONT AND REAR BRAKE PADS CAR ON THE ALLOWABLE VALUE OF THE VARIATION ADHESION COEFFICIENT OF FRONT AND REAR WHEELS

¹Erasov I.A., ¹Molev Y.I., ¹Strizhak A.D., ²Proshin D.N.

¹Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseyev, Nizhny Novgorod,
e-mail: mon-gosha@rambler.ru, erasoff2013@yandex.ru, moleff@yandex.ru, strizh-ark@yandex.ru;

²Private institution of additional education CHUDO «RIE», Nizhny Novgorod, e-mail: proshdn@mail.ru

The article deals with the important task for automobile transport and general engineering in the Russian Federation. The influence of various factors on damaged cars and other vehicles. The article describes the method of calculation of change the time of actuation of the brake mechanisms of the vehicle front and rear axle. On the basis of the existing calculation methods are shown of how much the response time when you install wheels with different tread pattern (different coefficient of adhesion of wheel with the road). Developed the requirements, ensuring the absence of skidding during emergency braking, taking into account not only the difference in wheel designs, but also changes in the technical condition of the vehicle during operation, namely the change of clearance between the brake pads and discs.

Keywords : fuel consumption, braking stability, the allowable difference between the coefficients of coupling of the front and rear wheels of the vehicle, the response time of the brake system

Аварийность на автомобильном транспорте наносит экономике Российской Федерации значительный ущерб, составляющий по экспертным оценкам до 3% от ежегодного ВВП страны. На ДТП влияет множество факторов – состояние дорог, интенсивность движения, освещенность, техническое состояние автомобилей, психологическое состояние водителя, уровень его профессиональной подготовки и множество других. Среди них одно из важнейших мест занимает состояние дорожного покрытия. По данным ГИБДД РФ около 20% аварий происходит по причине неблагоприятных дорожных

условий и из них более 70% (15% от общего числа ДТП) приходится на заснеженные дорожные покрытия [1, 5, 12], поэтому актуальной является проблема разработки теории оценки влияния того или иного технического решения на безопасность дорожного движения, выработки на основании данной теории перспективных путей повышения безопасности дорожного движения и утверждения предельно допустимых нормативов параметров транспортных средств, движущихся по заснеженным дорогам [4, 7–9].

Анализ дорожно-транспортных происшествий в зимний период [10, 11]

позволил сделать вывод о том, что, наряду с увеличением длины тормозного пути, наиболее частой причиной ДТП является потеря управляемости транспортного средства в результате заноса. При рассмотрении поперечной устойчивости автомобиля предполагается, что при заносе обе оси скользят в поперечном направлении одновременно. Такое явление в практике наблюдается редко. Гораздо чаще начинают скользить колеса одной оси – передней или задней, вследствие чего нужно рассматривать устойчивость не всего автомобиля, а одной из осей.

При торможении автомобиля может возникнуть ряд критических ситуаций, которые представляют особую сложность для реагирования. Это в первую очередь экстренное торможение, а также скачкообразное изменение коэффициента сцепления колеса при торможении. Процесс блокирования колес для таких ситуаций развивается с большой скоростью, поэтому при определении порогов срабатывания проектируемых систем активной безопасности разработчики учитывают в первую очередь динамику изменения угловой скорости колеса.

Критические ситуации при движении автомобиля могут возникать под влиянием совершенно различных факторов, как, например, из-за внезапно появившихся

допускается устанавливать на разные оси автомобиля различные шины, коэффициент сцепления с дорогой которых может быть различным [15, 2].

Величина сцепного веса для разных типов автомобиля, условий загрузки различна. Так, для нерегулируемой тормозной системы его значение может быть найдено из условия [3]:

$$m(\varphi) = \begin{cases} [1 + h/b(\varphi_0 - \varphi)]^{-1}, & \text{где } \varphi < \varphi_0; \\ [1 + h/b(\varphi - \varphi_0)]^{-1}, & \text{где } \varphi > \varphi_0, \end{cases} \quad (1)$$

где h – высота расположения центра масс автомобиля; b – расстояние от центра масс автомобиля до задней оси; φ_0 – коэффициент сцепления, при котором происходит одновременная блокировка колес передней и задней оси, определяемый из уравнения

$$\varphi_0 = a/L(1+k) - k[h/L(1+k)]^{-1}, \quad (2)$$

где k – соотношение тормозных сил по осям автомобиля; a – расстояние от центра масс автомобиля до передней оси, а L – длина колесной базы автомобиля. Для регулируемой тормозной системы на начальном этапе происходит изменение сцепного веса по зависимости 1, а после срабатывания регулятора – по следующей зависимости:

$$m(\varphi) = \begin{cases} [1 + h/b(\varphi_0 - \varphi)]^{-1}, & \text{где } \varphi < \varphi_0; \\ 1 + \varphi_0\varphi_1\varphi^{-1} [1 + h/b|\varphi_1 + \varphi_0 - \varphi|]^{-1}, & \text{где } \varphi > \varphi_0, \end{cases} \quad (3)$$

препятствий и резкой смены дорожно-эксплуатационных условий. Как правило, они характеризуются высоким темпом изменения динамики процессов. При этом транспортное средство попадает в граничную область по устойчивости и управляемости и одновременно резко возрастает нагрузка на водителя. Это означает, что для вывода автомобиля из критической ситуации от водителя требуется осуществление сложных и точных управляющих маневров: резких поворотов рулевого колеса, изменения направления движения с одновременным экстренным торможением, сохранения направления в случае движения на повороте при смене дорожных условий и др.

В настоящее время автомобили конструируются на заводах с учётом, что на передних и задних осях установлены одинаковые шины, которые имеют примерно одинаковый коэффициент сцепления колеса с дорогой. Однако в период эксплуатации действующими нормативными документами

где φ_1 – максимальный расчётный коэффициент сцепления, при котором происходит одновременная блокировка колес передней и задней оси согласно п. 3.1.2.1 Приложения 10 ГОСТ Р 41.13-99 [3] и п. 3.1 Приложения 5 ГОСТ Р 41.13-99 [3] для любых транспортных средств должно быть не более 0,15. Для автомобилей, оснащённых антиблокировочной тормозной системой $m(\varphi) > 0,75$ п. 5.2.1. Приложения 6 ГОСТ Р 41.13-99 [3].

Д.А. Соцковым [13] были получены зависимости по определению времени достижения колес грани блокирования:

– для нерегулируемой тормозной системы

$$\begin{cases} t_{11} = \frac{G_1\varphi}{B_1 [1 - h/L\varphi(1+k)K_0]}; \\ t_{12} = \frac{G_2\varphi k}{B_2 [1 - h/L\varphi(1+k)K_0]}; \end{cases} \quad (4)$$

– для тормозной системы с регулятором тормозных сил

$$\begin{cases} t_{11} = \frac{G_1 \varphi B_1^{-1} + h/L \varphi [k(1-W) M_\alpha g \varphi [B_1 + B_2]^{-1}]}{B_1 [1 - h/L \varphi (1+k) K_0]}; \\ t_{12} = G_2 \varphi k \{B_2 [1 - h/L \varphi (1+k) K_0]\}^{-1}; \end{cases} \quad (5)$$

– для автомобилей с АБС

$$\begin{cases} t_{11} = \frac{G_1 \varphi \xi_1}{B_1 [1 - h/L \varphi \xi_1 (1+k) K_0]}; \\ t_{12} = \frac{M_\alpha g \varphi \xi_2}{B_2 K_0} - \frac{G_1 \varphi \xi_1}{B_2 K_0 [1 - h/L \varphi \xi_1 (1+k)]}. \end{cases} \quad (6)$$

В данных уравнениях под W понимается коэффициент передачи РТС, определяемый из условия

$$W = k - h/L \varphi_1 (1+k) \{k [1 + h/L \varphi_1 (1+k)]\}^{-1}, \quad (7)$$

где ξ_1 и ξ_2 – коэффициенты качества работы АБС соответственно для передней и задней осей автомобиля; B_1 и B_2 – соответственно коэффициенты преобразования давления в тормозной магистрали в величину развиваемого тормозного усилия; G_1 и G_2 – вес автомобиля, приходящийся соответственно на переднюю и заднюю оси; M_α – величина разворачивающего момента; K_0 – темп нарастания давления в тормозах (принят постоянным).

Определить предельно допустимую разницу в коэффициентах сил сцепления колёс передней и задней осей можно, воспользовавшись уравнениями (5) и (6) (в связи с отсутствием актуальности расчёта параметров нерегулируемой тормозной системы как практически не применяемой в настоящее время), путём приравнивания времени достижения блокировки колёс передней и задней оси для системы с регулятором тормозных сил

$$\frac{G_1 \varphi B_1^{-1} + h/L \varphi [k(1-W) M_\alpha g \varphi [B_1 + B_2]^{-1}]}{B_1 K_0 [1 - h/L \varphi_1 (1+k)]} = \frac{G_2 (\varphi + \Delta \varphi) k}{B_2 K_0 [1 - h/L \varphi (1+k)]} \quad (8)$$

и для системы с АБС

$$\frac{G_1 \varphi \xi_1}{B_1 [1 - h/L \varphi \xi_1 (1+k) K_0]} = \frac{M_\alpha g \varphi \xi_2}{B_2 K_0} - \frac{G_1 \varphi \xi_1}{B_2 K_0 [1 - h/L \varphi \xi_1 (1+k)]}. \quad (9)$$

Следует отметить, что при работе автомобиля имеет место неравномерный износ дисков и накладок тормозов передних и задних колёс. В общем случае передние тормоза как более нагруженные изнашиваются более интенсивно. В пределах данная величина может быть учтена таким параметром, как разница во времени срабатывания тормозного механизма, обозначенная величиной Δt . Тогда уравнения (8) и (9) примут вид:

$$\frac{G_1 \varphi B_1^{-1} + h/L \varphi [k(1-W) M_\alpha g \varphi [B_1 + B_2]^{-1}]}{B_1 K_0 [1 - h/L \varphi_1 (1+k)]} + \Delta t = \frac{G_2 (\varphi + \Delta \varphi) k}{B_2 K_0 [1 - h/L \varphi (1+k)]} \quad (10)$$

и для системы с АБС

$$G_1 \varphi \xi_1 B_1 [1 - h/L \varphi \xi_1 (1+k) K_0]^{-1} + \Delta t = M_\alpha g \varphi \xi_2 [B_2 K_0]^{-1} - G_1 \varphi \xi_1 \{B_2 K_0 [1 - h/L \varphi \xi_1 (1+k)]\}^{-1}. \quad (11)$$

Тогда допустимая разница в величинах сцепления колёс передней и задней осей может быть найдена из уравнений (10) и (11) путём математических преобразований. Учитывая, что $B_1 = W(B_1 + B_2)$, а $B_2 = (1 - W)(B_1 + B_2)$ и то, что тормозное усилие на передней оси

ограничивается только коэффициентом сцепления колеса с дорогой $B_1 P_0 = G_1 \varphi$, где P_0 – давление в рабочей тормозной системе, получим

$$\Delta\varphi = \frac{\frac{P_0 + \Delta t B_1 [1 - h/L \varphi \xi_1 (1+k) K_0] + h/L \varphi [k(1-W)^2 G \varphi]}{B_1 G_2 k} \left(\frac{1}{1 - h/L \varphi (1+k)} + 1 \right) - \varphi}{1 + \frac{P_0 + \Delta t B_1 [1 - h/L \varphi \xi_1 (1+k) K_0] + h/L \varphi [k(1-W)^2 G \varphi] B_2 \left(\frac{h/L(1+k)}{1 - h/L \varphi (1+k)} + 1 \right)}{B_1 G_2 k}}; \quad (12)$$

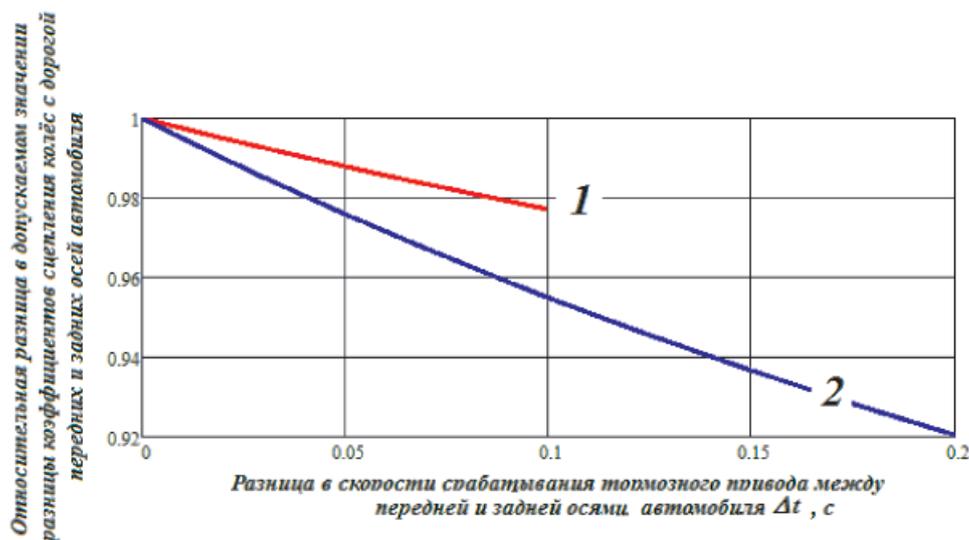
$$\Delta\varphi = \frac{\frac{G \varphi W + \Delta t B_1 [1 - h/L \varphi \xi_1 (1+k) K_0] + h/L \varphi [k(1-W)^2 G \varphi]}{B_1 G_2 k} \left(\frac{1}{1 - h/L \varphi (1+k)} + 1 \right) - \varphi}{1 + \frac{G \varphi W + \Delta t B_1 [1 - h/L \varphi \xi_1 (1+k) K_0] + h/L \varphi [k(1-W)^2 G \varphi] B_2 \left(\frac{h/L(1+k)}{1 - h/L \varphi (1+k)} + 1 \right)}{B_1 G_2 k}}. \quad (13)$$

При этом собственно влияние разницы зазоров в приводе тормозных механизмов передних и задних колёс может быть получено из уравнений (12) и (13):

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_0 (1 + \Delta t) \{G_2 k + 1 + \Delta t (h/L(1+k))\}^{-1} = K_{\Delta t} \Delta\varphi_0 \quad (14)$$

или

$$K_{\Delta t} = (1 + \Delta t) \{1 + \Delta t (h/L(1+k))\}^{-1}. \quad (15)$$



Изменение допустимой разницы коэффициентов сцепления передних и задних колёс от разницы в скорости срабатывания тормозного привода (величины износа тормозных дисков и колодок):

1 – легковые автомобили (нормируемая величина времени срабатывания тормозного привода не более 0,1 с) [14]; 2 – грузовые автомобили с пневмоприводом тормозов (нормируемая величина времени срабатывания тормозного привода не более 0,2 с) [14]

Решение данного уравнения для ряда автомобилей показано на рисунке. Полученные данные свидетельствуют о том, что максимальную опасность представляют торможения на грузовых автомобилях с пневмоприводом тормозов, имеющих допустимое время срабатывания тормозной системы до

0,2 с и значительное расстояние между передней и задней осями. Учёт возможности износа колодок и дисков на легковых автомобилях приводит в самом крайнем случае к изменению величины допустимой разницы коэффициентов сцепления между колёсами передней и задней оси на 2%.

Полученные данные позволят разработать новые требования к транспортным средствам, находящимся в эксплуатации, и позволят сократить количество дорожно-транспортных происшествий, обусловленных заносом (потерей управляемости транспортных средств при торможении).

Список литературы

1. Беляков В.В. К вопросу выбора экспериментальных данных для составления статистических моделей снежного покрова как полотна пути для транспортно-технологических машин / В.В. Беляков и др. // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 1 (102). – С. 136–141.
2. ГОСТ Р 50597-93 Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условию соблюдения безопасности дорожного движения.
3. ГОСТ Р 41.13-99 ГОСТ Р 41.13-99 (Правила ЕЭК ООН № 13) Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения.
4. Зезюлин Д.В., Макаров В.С., Беляков В.В. Расчетный анализ влияния параметров движителей на показатели эффективности колесных машин при движении по снежному полотну пути // Леса России и хозяйство в них. – 2012. – Т. 1–2. – № 42–43. – С. 41–42.
5. Макаров В.С., Зезюлин Д.В., Беляков В.В. Многоуровневая модель снега как полотна пути для транспортно-технологических машин на примере территории Российской Федерации // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–2. – С. 270–276.
6. Макаров В.С., Зезюлин Д.В., Беляков В.В. Обзор исследований по влиянию местности на характеристики снежного покрова // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 3 (105). – С. 154–162.
7. Макаров В.С., Зезюлин Д.В., Беляков В.В. Снег как полотно пути для транспортных средств // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 4. – С. 21–24.
8. Макаров В.С. Методика расчета и оценка проходимости колесных машин при криволинейном движении по снегу. автореферат дис. ... канд. техн. наук, НГТУ. – Нижний Новгород, 2009. – 18 с.
9. Макаров В.С. Оценка эффективности колесных машин в течение зимы с учетом изменчивости характеристик снежного покрова / В.С. Макаров и др. // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 4 (106). – С. 342–347.
10. Макаров В.С. Характер изменения снежного покрова как полотна пути с учетом неравномерности его залегания на местности / В.С. Макаров и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. – С. 33.
11. Папунин А.В. О влиянии ландшафта местности на характеристики снежного покрова и на проходимость транспортных средств / А.В. Папунин и др. // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 4 (106). – С. 331–335.
12. Полотно пути транспортно-технологических машин / под общ. ред. В.В. Белякова и А.А. Куркина. – Нижний Новгород, 2014.
13. Соцков Д.А. Повышение активной безопасности автотранспортных средств при торможении: дис. ... д-ра техн. наук. 05.05.03. – Владимир, 1988. – 547 с.
14. Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действия водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП: учебное пособие. – М.: Изд-во «Экзамен», 2003.
15. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011).

References

1. Belyakov V.V. K voprosu vybora eksperimentalnykh dannykh dlya sostavleniya statisticheskikh modeley snezhnogo pokrova kak polotna puti dlya transportno-tekhnologicheskikh mashin / Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2014. no. 1 (102). pp. 136–141.
2. GOST R 50597-93 Avtomobilnye dorogi i ulitsy. Trebovaniya k ekspluatatsionnomu sostoyaniyu, dopustimomu po usloviyu soblyudeniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya.
3. GOST R 41.13-99 GOST R 41.13-99 Edinoobraznye predpisaniya, kasayushiesya ofitsialnogo utverzhdeniya mekhanicheskikh transportnykh sredstv kategoriy M, N i O v ot-noshenii tormozheniya.
4. Zezyulin D.V., Makarov V.S., Belyakov V.V. Raschetnyy analiz vliyaniya parametrov dvizhiteley na pokazateli effektivnosti kolesnykh mashin pri dvizhenii po snezhnomu polotnu puti // Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh. 2012. T. 1–2. no. 42–43. pp. 41–42.
5. Makarov V.S., Zezyulin D.V., Belyakov V.V. Mnogourovnevaya model snega kak polotna puti dlya transportno-tekhnologicheskikh mashin na primere territorii Rossiyskoy Federatsii/ Fundamentalnye issledovaniya. 2013. no. 10–2. pp. 270–276.
6. Makarov V.S., Zezyulin D.V., Obzor issledovaniy po vliyaniyu mestnosti na kharakteristiki snezhnogo pokrova // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2014. no. 3 (105). pp. 154–162.
7. Makarov V.S., Zezyulin D.V., Belyakov V.V. Sneg kak polotno puti dlya transportnykh sredstv // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy. 2014. no. 4.
8. Makarov V.S. Metodika rascheta i otsenka prokhodimosti kolesnykh mashin pri krivolineynom dvizhenii po snegu. avtoreferat k.t.n., NGTU. Nizhniy Novgorod, 2009, 18 p.
9. Makarov V.S. Otsenka effektivnosti kolesnykh mashin v techenie zimy s uchetom izmenchivosti kharakteristik snezhnogo pokrova./ Makarov V.S., i dr. // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2014. no. 4 (106). pp. 342–347.
10. Makarov V.S. Kharakter izmeneniya snezhnogo pokrova kak polotna puti s uchetom neravnomernosti ego zaleganiya na mestnosti / Makarov V.S., i dr. // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. no. 4. pp. 33.
11. Papunin A.V. O vliyaniy landshafta mestnosti na kharakteristiki snezhnogo pokrova i na prokhodimost transportnykh sredstv / Papunin A.V., i dr. // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2014. no. 4 (106). pp. 331–335.
12. Polotno puti transportno-tekhnologicheskikh mashin. pod obsch. Red. V.V. Belyakova i A.A. Kurkina. Nizhniy Novgorod, 2014.
13. Sotskov D.A. Povyshenie aktivnoy bezopasnosti avtotransportnykh sredstv pri tormozhenii. Diss. doktora tekhn. nauk. 05.05.03. Vladimir, 1988. 547 p.
14. Suvorov Yu.B. Sudebnaya dorozhno-transportnaya ekspertiza. Sudebno-ekspertnaya otsenka deystviya voditeley i drugikh lits, otvetstvennykh za obespechenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya, na uchastkakh DTP: Uchebnoe posobie. M.: Izdatelstvo «Eksamen», 2003.
15. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti kolesnykh transportnykh sredstv» (TR TS 018/2011).

Рецензенты:

Вахидов У.Ш., д.т.н., заведующий кафедрой «Строительные и дорожные машины», ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород;
Шапкин В.А., д.т.н., профессор кафедры «Строительные и дорожные машины», ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева», г. Нижний Новгород.

УДК 629.7.014.16

ПРЫГАЮЩИЙ СТРЕКОЗОПОДОБНЫЙ МИНИРОБОТ

Ефимов С.В., Поляков Р.Ю., Ворочаева Л.Ю., Яцун С.Ф.

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, e-mail: teormeh@inbox.ru

В статье рассмотрен прыгающий робот, оснащенный системой крыльев, раскрывающихся в верхней точке прыжка и обеспечивающих полет, аналогичный полету насекомых. Такие аппараты получили название инсектоптеры. Они оснащены двумя оппозитно двигающимися крыльями, установленными на фюзеляже, где также установлено хвостовое оперение, оснащенное рулями высоты и направления. Крылья с изменяемыми параметрами и геометрией приводятся в движение с помощью электродвигателя и специальной трансмиссии. Полет инсектоптера разделен на этапы: набор высоты происходит в соответствии с выбранным законом изменения вертикальной координаты, на следующем этапе устройство начинает движение в горизонтальной плоскости в заданную точку пространства. На основе разработанной математической модели беспилотного летательного аппарата (БПЛА) выполнено математическое моделирование полета. Спроектирован и изготовлен прототип БПЛА-стрекозы, который оснащен оппозитными машущими крыльями. Предложена методика определения приведенных сил тяги и подъемной силы. Установлена линейная зависимость между частотой колебаний крыльев и величиной этих сил, определены коэффициенты пропорциональности. Проведено сравнение результатов математического моделирования и экспериментов, которые показывают удовлетворительную сходимость.

Ключевые слова: прыгающе-летающие роботы, математическое моделирование полёта

DRAGONFLY-LIKE JUMPING MINIROBOT

Efimov S.V., Polyakov R.Y., Vorochaeva L.Y., Yatsun S.F.

Southwest State University, Kursk, e-mail: teormeh@inbox.ru

In the article, the jumping robot equipped by a system of wings, which activating at the upper phase of jumping and provides insects-like flight, was described. Such devices are called insectcopters. These robots are equipped by two oppositely moving wings mounted on the fuselage. The fuselage is also equipped by the tail unit with elevators and rudder. Wings with variable parameters and geometry are driven by an electric motor with special transmission. The flight of the insectcopter is divided into the following stages: the climb takes place in accordance with the chosen law of vertical coordinate change, in the next stage the device begins to move in a horizontal plane towards the given point in space. Authors describe a mathematical model of an unmanned aerial vehicle (UAV) and results of numerical simulation of the robot. The prototype of dragonfly-like UAV, which is equipped by oppositely moving wings, was designed. The method of determining the reduced forces of traction and lift was proposed. The linear dependence between the oscillation frequency of the wings and the value of the forces was established, the proportionality coefficients were defined. The comparison of the results of mathematical modeling and experiments was carried out.

Keywords: dragonfly-like jumping robots, mathematical modeling of flight

С развитием робототехники все больший интерес проявляется к бионике – науке, которая изучает характер движения живых организмов, а также явления и процессы, протекающие в них. В природе распространены прыгающие и летающие насекомые. Копирование природных идей при создании роботов позволяет быстро и эффективно достичь поставленных результатов. Такой подход особенно востребован при создании роботов, способных скрытно перемещаться в пространстве для выполнения задач, связанных со сбором информации. Особый интерес представляют прыгающе-летающие роботы, в которых реализованы принципы полета насекомых. Такие роботы получили название инсектоптеры. Одним из преимуществ робота-инсектоптера является то, что энергопотребление при прочих равных по сравнению с традиционными схемами, например мультироторного типа, значительно ниже. Крылья с изменяемыми параметрами

и геометрией могут быть переориентированы и адаптированы под текущие условия в каждый момент полета летательного аппарата, что позволяет максимально использовать энергию воздушных потоков и увеличить дальность свободного планирования. Поэтому ведущие научные центры мира ведут разработки по созданию малогабаритных летающих роботов с машущим крылом [1–7].

Описание робота

Рассматриваемый робот-стрекоза оснащен двумя оппозитно двигающимися крыльями, установленными на фюзеляже. В движение крылья приводятся с помощью электродвигателя и специальной трансмиссии, состоящей из синхронизатора и двух кривошипно-коромысловых механизмов. На фюзеляже также установлено хвостовое оперение, оснащенное рулями высоты и направления. При подаче напряжения на

электродвигатель вращение передается на редуктор, а затем на зубчатую цилиндрическую передачу синхронизатора, которая представляет собой два зубчатых колеса одинакового диаметра, находящихся в зацеплении друг с другом и с шестерней, установленной на выходном валу редуктора. Мембраны крыльев, изготовленные из эластичного материала, закреплены на стрингерах, выполненных из жесткого материала (углепластика), создают необходимое тяговое усилие при схлопывании или разведении пары крыльев. Такая схема крыльев является уравновешенной и позволяет создавать реактивную струю воздуха, обеспечивающую соответствующее тяговое усилие и необходимую подъемную силу.

Модель робота-инсектоптера

Рассмотрим схему робота-инсектоптера, представленную на рис. 1. Движение такого объекта происходит в абсолютной системе координат $Oxyz$. С корпусом робота связана относительная, подвижная система координат $C_2x_2y_2z_2$, начало которой совпадает с центром тяжести корпуса C_2 . Ось C_2x_2 такой системы координат направлена параллельно продольной оси корпуса, ось C_2y_2 направлена перпендикулярно плоскости $C_2x_2z_2$, а ось C_2z_2 – перпендикулярно плоскости $C_2x_2y_2$. Плоскость $C_2x_2z_2$ является плоскостью симметрии робота [3–5].

Центр масс корпуса движется в пространстве со скоростью $v_{C_2} = (v_{C_2}^x, v_{C_2}^y, v_{C_2}^z)^T$, а робот вращается вокруг центра масс с угловой скоростью $\bar{\omega} = (\omega_x, \omega_y, \omega_z)^T$ под действием распределенных сил, возникающих в результате взаимодействия элементов системы с окружающей средой F_p , приведенных к сосредоточенным силам тяги $T = (T, 0, 0)^T$, подъемной силе $Q = (0, 0, Q)^T$ и $R_2 = (R_{2x2}, R_{2y2}, R_{2z2})^T$ – силе, действующей на хвостовое оперение со стороны набегающего потока воздуха. Кроме этого, учтены и силы веса

$$G = (0, 0, -\sum m_i g)^T.$$

Далее принято допущение о том, что угловая скорость вращения крыла значительно выше угловой скорости вращения корпуса, что позволяет значительно упростить уравнения, описывающие вращательное движение робота. Кроме этого, принято, что мембраны крыла являются недеформируемыми невесомыми пластинами, имеющими возможность поворота относительно стрингера.

Полет инсектоптера можно разложить на несколько этапов, которые осуществляются под действием управляющих воздействий, поступающих со стороны бортовой системы управления. В первую очередь осуществляется отрыв от опорной поверхности и взлет. Набор высоты происходит в соответствии с выбранным законом

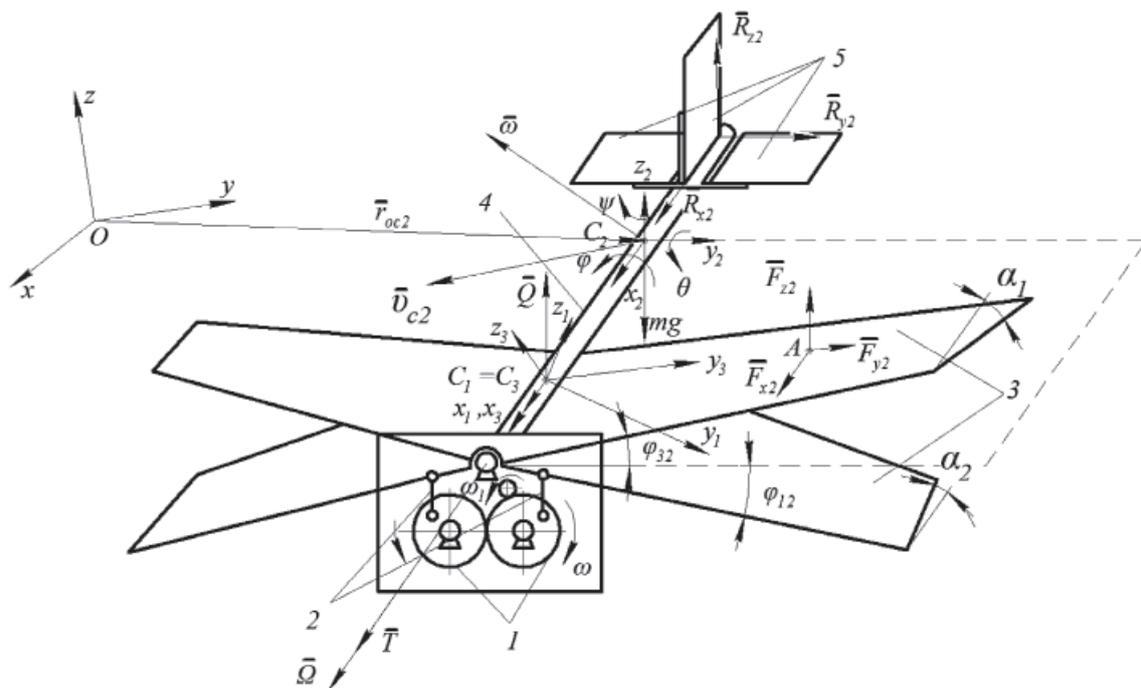


Рис. 1. Расчетная схема робота-инсектоптера

изменения вертикальной координаты, после чего устройство начинает движение в горизонтальной плоскости в заданную точку пространства. В этой точке можно реализовать режим зависания, позволяющий производить разведку местности, видеосъемку и осуществлять необходимые измерения. После выполнения задания инсектоптер возвращается в исходную или любую определенную в задании точку и осуществляет посадку.

Для реализации автономного полета предложена схема системы автоматического управления (рис. 2), в соответствии с которой определение реальных координат робота осуществляется с помощью установленных в системе управления GPS-навигатора, гироскопа и альтиметра. Обработка данных, поступающих с датчиков, сравнение их с заданными, нахождение управляющих воздействий по от-

клонениям реальных координат от заданных, происходит в блоке обработки информации. Управляющие напряжения определяются с помощью многоканального регулятора и поступают на соответствующие электроприводы (ОУ). Модель робота-инсектоптера связывает три управляющих воздействия: угловая скорость вращения электродвигателя, углы поворота рулей высоты и направления ω , φ_2 , φ_3 , с шестью управляемыми координатами $X, Y, Z, \varphi, \psi, \theta$, которые позволяют роботу двигаться по заданной пространственной траектории.

Для определения приведенной силы тяги T и подъемной силы Q , создаваемых крылом, были проведены экспериментальные исследования на специальном стенде. Для этого был разработан и изготовлен прототип робота-стрекозы, общий вид которого приведен на рис. 3.

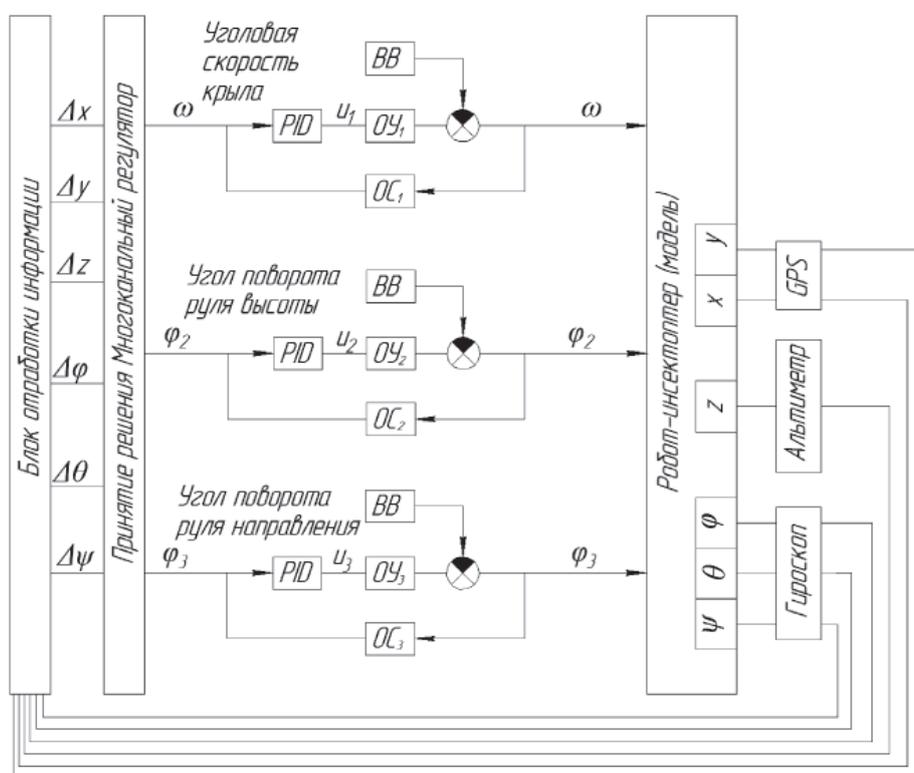


Рис. 2. Функциональная схема бортовой системы управления

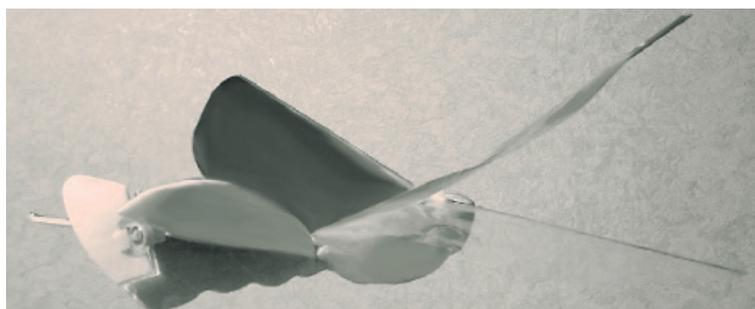


Рис. 3. Общий вид прототипа робота-стрекозы

Сравнение результатов математического моделирования и экспериментов

Для изучения движения выполнено математическое моделирование движения прототипа робота, имеющего следующие параметры: вес корпуса $m_1 = 0,02$ кг; вес крыльев $m_2 = 0,017$ кг; длина крыла $l = 0,35$ м. Результаты математического моделирования сравнивались с экспериментальными данными в режимах взлёта на определенную высоту H , полета в горизонтальной плоскости и приземления инсектоптера (рис. 4).

Заключение

Разработана математическая модель робота-стрекозы с оппозитно движущимися крыльями с учетом свойств кривошипно-коромыслового электропривода и двухкоординатного вращения крыльев. Выполнено математическое моделирование полета робота. Спроектирован и изготовлен прототип летающего робота, оснащенный оппозитными машущими крыльями. Предложена методика определения приведенных сил тяги и подъемной силы. Установлена линейная зависимость между частотой

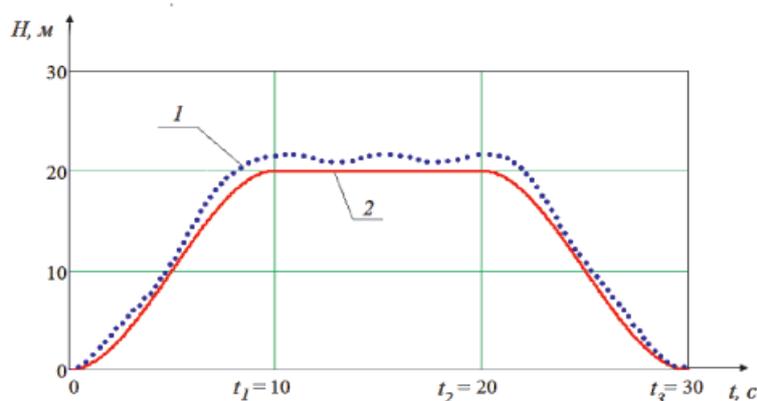


Рис. 4. Изменение вертикальной координаты в режимах взлёта, полета в горизонтальной плоскости и приземления инсектоптера во времени:
1 – эксперимент; 2 – теория

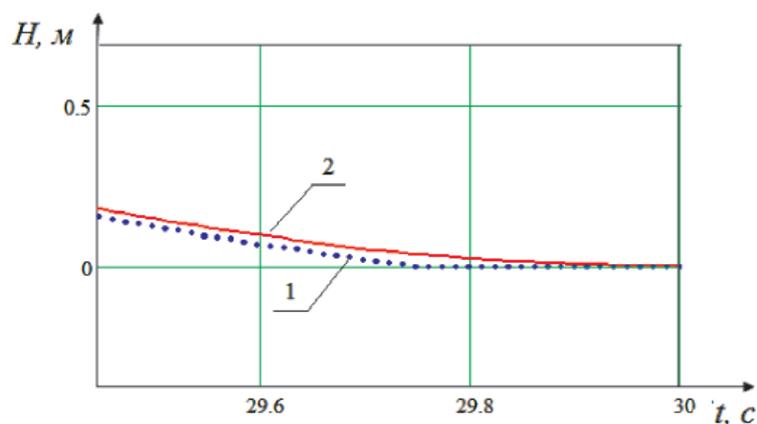


Рис. 5. Зависимость перемещения по оси z при приземлении инсектоптера ($t = 29,7$ с):
1 – эксперимент; 2 – теория

Особое внимание уделено изучению процесса посадки инсектоптера. Путем изменения параметров управляющих воздействий удалось обеспечить посадку робота практически с нулевой вертикальной скоростью (рис. 5).

колебаний крыльев и величиной этих сил, определены коэффициенты пропорциональности. Проведено математическое моделирование и экспериментальные исследования по пространственному движению робота, сравнение теоретических

результатов с экспериментальными показыва-
ет удовлетворительную сходимость.

*Исследование выполнено при финансо-
вой поддержке РФФИ в рамках научного
проекта № 14-08-00581 а.*

Список литературы

1. Яцун С.Ф. Моделирование движения многозвенно-
го прыгающего робота и исследование его характеристик / С.Ф. Яцун, Л.Ю. Волкова // Известия РАН. Теория и систе-
мы управления. – 2013. – № 4. – С. 137–149.
2. Яцун С.Ф. Этапы движения четырехзвенного ро-
бота, перемещающегося с отрывом от поверхности / С.Ф. Яцун, О.Г. Локтионова, Л.Ю. Волкова, А.В. Ворочаев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Инфор-
матика. Телекоммуникации. Управление. – 2013. – № 5. – С. 109–118.
3. Яцун С.Ф. Прыгающий робот для проведения по-
исковых работ / С.Ф. Яцун, Л.Ю. Волкова, А.В. Ворочаев // Экстремальная робототехника – робототехника для работы
в условиях опасной окружающей среды: труды 7-го между-
народного симпозиума. – СПб., 2013. – С. 152–159.
4. Яцун С.Ф. Исследование влияния длин звеньев кры-
ла орнитоптера на его кинематические характеристики / С.Ф. Яцун, С.Е. Ефимов, Г.С. Наумов // Четырнадцатая на-
циональная конференция по искусственному интеллекту
с международным участием КИИ-2014: труды конференции.
Т.3. – Казань, 2014. – С. 359–365.
5. Локтионова О.Г. Исследование движения пры-
гающего робота, оснащенного крыльями с изменяемой
геометрией / С.Ф. Яцун, Л.Ю. Ворочаева, А.В. Вороча-
ев // Четырнадцатая национальная конференция по ис-
кусственному интеллекту с международным участием
КИИ-2014: труды конференции. Т.3. – Казань: Изд-во
РИЦ «Школа», 2014. – С. 307–314. – Казань, 2014. –
Т. 3. – С. 307–314.
6. Яцун С.Ф. Исследование влияния точки закрепления
крыла на полет прыгающего летающего робота / С.Ф. Яцун,
Л.Ю. Ворочаева, А.В. Ворочаев // Экстремальная робото-
техники // Труды международной научно-технической кон-
ференции. – СПб.: Изд-во «Политехника-сервис», 2014. –
С. 65–70.
7. Черноусько Ф.Л. Оптимальное управление движе-
нием многозвенной системы в среде с сопротивлением // ПММ. – 2012. – Т. 76. – Вып. 3. – С. 355–373.

References

1. Jacun S.F. Modelirovanie dvizhenija mnogozvennogo
prygajushhego robota i issledovanie ego harakteristik / S.F. Ja-
cun, L.Ju. Volkova // Izvestija RAN. Teorija i sistemy upravleni-
ja. 2013. no. 4. pp. 137–149.
2. Jacun S.F. Jetapy dvizhenija chetyrehzvennogo robota,
peremeshhajushhegosja s otrывom ot poverhnosti / S.F. Jacun,
O.G. Loktionova, L.Ju. Volkova, A.V. Vorochaev // Nauchno-
tehnicheskie vedomosti SPBGPU. Informatika. Telekommuni-
kacii. Upravlenie. 2013. no. 5. pp. 109–118.
3. Jacun S.F. Prygajushhij robot dlja provedenija poiskovyh
rabort / S.F. Jacun, L.Ju. Volkova, A.V. Vorochaev // Jekstremal-
naja robototehnika robototehnika dlja raboty v uslovijah opasnoj
okruzhajushhej sredy: trudy 7-go mezhdunarodnogo simpozi-
uma. Sankt-Peterburg. 2013. pp. 152–159.
4. Jacun S.F. Issledovanie vlijanija dlin zvenev kryla ornitop-
tera na ego kinematische harakteristiki / S.F. Jacun, S.E. Efi-
mov, G.S. Naumov // Chetyrnadcataja nacionalnaja konferencija
po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem KII-
2014: trudy konferencii. T.3.– Kazan. 2014. pp. 359–365.
5. Loktionova O.G. Issledovanie dvizhenija prygaushhego
robota, osnashhennogo kryljami s izmenjaemoj geometrijej / S.F. Ja-
cun, L.Ju. Vorochaeva, A.V. Vorochaev // Chetyrnadcataja nacional-
naja konferencija po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym
uchastiem KII-2014: trudy konferencii. T.3.– Kazan: Izd-vo RIC
«Shkola», 2014. pp. 307–314. Kazan, 2014, T. 3. pp. 307–314.
6. Jacun S.F. Issledovanie vlijanija tochki zakrepleniya kryla
na polet prygajushhego letajushhego robota / S.F. Jacun, L.Ju. Vo-
rochaeva, A.V. Vorochaev // Jekstremalnaja robototehniki // Trudy
mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Sankt-Peter-
burg: Izd-vo «Politehnika-servis», 2014. pp. 65–70.
7. Chernousko F.L. Optimalnoe upravlenie dvizheniem
mnogozvennoj sistemy v srede s soprotivleniem // PММ. 2012.
T. 76. Vyp. 3. pp. 355–373.

Рецензенты:

Локтионова О.Г., д.т.н., профессор,
проректор по учебной работе, ФГБОУ ВО
«Юго-Западный государственный универ-
ситет», г. Курск;

Кобелев Н.С., д.т.н., профессор, заведу-
ющий кафедрой теплогазоснабжения и вен-
тиляции, ФГБОУ ВО «Юго-Западный госу-
дарственный университет», г. Курск.

УДК 517.926

КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ СМЕШАННОГО УРАВНЕНИЯ В ОГРАНИЧЕННОЙ ОБЛАСТИ

Желдашева А.О., Лесев В.Н.

*Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,
Нальчик, e-mail: diff@kbsu.ru*

В работе сформулирована и исследована краевая задача для смешанного уравнения второго порядка в ограниченной области с локальными краевыми условиями. На линии изменения типа уравнения применены разрывные условия сопряжения для следа функции и следа производной. В качестве основного метода доказательства разрешимости поставленной задачи был использован метод конечных интегральных преобразований. При этом вопрос разрешимости задачи был эквивалентно редуцирован к вопросу разрешимости обыкновенных дифференциальных уравнений в соответствующих частях смешанной области. В частности, в области параболичности исходного уравнения было получено обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка, решение которого представлено в виде комбинации общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного. Определив коэффициенты в полученных общих интегралах дифференциальных уравнений, решение исследуемой задачи можно найти после применения обратного интегрального преобразования.

Ключевые слова: уравнение в частных производных, краевая задача, разрывные условия сопряжения, интегральное преобразование Фурье

BOUNDARY VALUE PROBLEMS FOR MIXED EQUATIONS IN LIMITED AREA

Zheldasheva A.O., Lesev V.N.

Kabardino-Balkarian State University, Nalchik, e-mail: diff@kbsu.ru

The paper was formulated and studied a mixed boundary value problem for second-order equations in a bounded domain with local boundary conditions. In the Line of changing the type of equation used explosive coupling conditions for the following functions and the following derivatives. As the main method of proof of the solvability of the problem, we used the method of integral transformations. At the same time, the question was equivalent to the solvability of the problem is reduced to the question of the solvability of ordinary differential equations in the relevant parts of the mixed area. In particular in the field of parabolic initial equation was obtained ordinary differential equation of the first order, the solution of which is represented by a combination of the general solution of the homogeneous equation and a particular solution of inhomogeneous. Determine the coefficient obtained in the general integrals of differential equations, the solution of the problem can be found after the application of the inverse integral transform.

Keywords: partial differential equation, boundary value problem, discontinuous coupling conditions, the Fourier integral

Исследование разрешимости краевых задач для уравнений в частных производных является одним из основных разделов обширной теории дифференциальных уравнений. Особое место в подобных исследованиях занимают задачи для смешанных и смешанно-составных уравнений. Это обусловлено непосредственными связями уравнений смешанного типа с теорией интегральных уравнений, теорией интегральных преобразований и специальных функций, а также их прикладной значимостью в математической физике и биологии.

В настоящей работе в ограниченной односвязной области исследована клас-

сическая краевая задача для линейного неоднородного смешанного уравнения с переменными коэффициентами. Помимо классических краевых условий в постановке использованы разрывные условия сопряжения на линии изменения типа уравнения и условия согласования. Доказательство разрешимости задачи проведено методом конечных интегральных преобразований.

Постановка задачи

В области $\Omega = \{z: 0 < x < \ell, -t_2 < t < t_1\}$ евклидовой плоскости точек $z = (x, t)$ рассмотрим уравнение

$$\begin{cases} 0 = u_{xx} + a_1(t) \cdot u_{tt} + b_1(t) \cdot u_t + c_1(t) \cdot u - d_1(x, t), & \text{при } t > 0; \\ u_{xx} + a_2(t) \cdot u_{tt} + b_2(t) \cdot u_t + c_2(t) \cdot u - d_2(x, t), & \text{при } t < 0, \end{cases} \quad (1)$$

где $\ell, t_1, t_2 - \text{const} > 0, a_i, b_i, c_i, d_i$ – достаточно гладкие функции ($i = 1, 2$).

Введем обозначения:

$$J = \{z: 0 < x < \ell, t = 0\},$$

$$\Omega_1 = \Omega \cap (t > 0); \quad \Omega_2 = \Omega \cap (t < 0);$$

$$\tau_i(x) = \lim_{t \rightarrow 0^{\pm}} u(x, t); \quad v_i(x) = \lim_{t \rightarrow 0^{\pm}} u_t(x, t),$$

причем $i = 1$ если $t \rightarrow 0^+$; $i = 2$ если $t \rightarrow 0^-$.

Для уравнения (1) в области Ω исследована следующая

Задача А. Найти регулярное в $\Omega_1 \cup \Omega_2$ решение $u(x, t)$ уравнения (1) из класса $C(\bar{\Omega}_1) \cap C(\bar{\Omega}_2) \cap C^1(\Omega_1 \cup J) \cap C^1(\Omega_2 \cup J)$,

удовлетворяющее краевым условиям

$$u(0, t) = \varphi_1(t); \quad u(\ell, t) = \psi_1(t), \quad t \geq 0; \quad (2)$$

$$u(0, t) = \varphi_2(t); \quad u(\ell, t) = \psi_2(t), \quad t \leq 0; \quad (3)$$

$$u(x, t_1) = f_1(x); \quad u(x, -t_2) = f_2(x), \quad 0 \leq x \leq \ell; \quad (4)$$

условиям сопряжения

$$\tau_1(x) = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot \tau_2(x);$$

$$v_1(x) = \beta_1 + \beta_2 \cdot v_2(x) \quad (5)$$

и условиям согласования

$$f_1(0) = \varphi_1(t_1); \quad f_1(\ell) = \psi_1(t_1);$$

$$\varphi_1(0) = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot \varphi_2(0); \quad \psi_1(0) = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot \psi_2(0);$$

$$f_2(0) = \varphi_2(-t_2); \quad f_2(\ell) = \psi_2(-t_2),$$

где φ_i, ψ_i, f_i – заданные функции из C^1 , а α_i, β_i – заданные постоянные, такие, что $\alpha_2 \cdot \beta_2 \neq 0$.

Доказательство разрешимости задачи А проведем методом конечных интегральных преобразований, по аналогии с работами [3, 8, 7].

Заметим, что краевые задачи в характеристических и прямоугольных областях для уравнений, представляющих частный случай уравнения (1), исследовались в работах [1, 2, 4, 5, 6].

Для сформулированной задачи необходимо рассмотреть следующие случаи:

$$1) a_i(t) \neq 0;$$

$$2) a_i(t) = 0;$$

$$3) a_1(t)a_2(t) = 0, \text{ но } a_1^2(t) + a_2^2(t) \neq 0.$$

Легко видеть, что в случаях (2) и (3) оба или одно из условий (4) являются переопределяющими задачу.

В настоящей работе рассмотрим более подробно последний случай.

Пусть, например, $a_1(t) = 0$, а $a_2(t) \neq 0$. Тогда уравнение (1) в области Ω_1 является уравнением параболического типа и принимает вид:

$$u_{xx} + b_1(t) \cdot u_t + c_1(t) \cdot u = d_1(x, t).$$

Далее проведем ряд преобразований пренебрегая первым из условий (4).

Применяя к последнему равенству конечное синус-преобразование Фурье [9]:

$$S_n[u] = \frac{2}{l} \int_0^l u(x, t) \cdot \sin\left(\frac{\pi n x}{l}\right) dx,$$

$$n = 1, 2, \dots \quad (6)$$

по переменной x на отрезке $[0, \ell]$ к уравнению (1) при $t > 0$, будем иметь

$$\begin{aligned} & \frac{2}{l} \int_0^l u_{xx}(x, t) \cdot \sin\left(\frac{\pi n x}{l}\right) dx = \frac{2}{l} u_x(x, t) \cdot \sin\left(\frac{\pi n x}{l}\right) \Big|_0^l - \\ & - \frac{2\pi n}{l^2} u(x, t) \cdot \cos\left(\frac{\pi n x}{l}\right) \Big|_0^l - \frac{2(\pi n)^2}{l^3} \int_0^l u(x, t) \cdot \sin\left(\frac{\pi n x}{l}\right) dx; \\ & \frac{2}{l} \int_0^l b_1(t) \cdot u_t(x, t) \cdot \sin\left(\frac{\pi n x}{l}\right) dx = b_1(t) \frac{du_1}{dt}; \quad \frac{2}{l} \int_0^l c_1(t) \cdot u(x, t) \cdot \sin\left(\frac{\pi n x}{l}\right) dx = c_1(t) \cdot u_1, \end{aligned}$$

где $u_1 = u_{1n}(t)$ – результат преобразования функции $u(x, t)$ в Ω_1 .

Подставляя полученные выражения в уравнение (6), приходим к параметрическому обыкновенному дифференциальному уравнению

$$b_1 \cdot u_1' + p_1 \cdot u_1 = q_1. \quad (7)$$

Здесь
$$p_1(t) = c_1 - \left(\frac{\pi n}{\ell}\right)^2, \quad n = \overline{1, \infty};$$

$$q_1(t) = \delta_1 + \frac{2\pi n}{\ell^2} \cdot [(-1)^n \cdot \psi_1(t) - \varphi_1(t)],$$

– результат преобразования функции $d_1(x, t)$.

Аналогично при $t < 0$ получим

$$\begin{aligned} \frac{2}{l} \int_0^l u_{xx}(x, t) \cdot \sin\left(\frac{\pi nx}{l}\right) dx &= \frac{2}{l} u_x(x, t) \cdot \sin\left(\frac{\pi nx}{l}\right) \Big|_0^l - \\ &- \frac{2\pi n}{l^2} u(x, t) \cdot \cos\left(\frac{\pi nx}{l}\right) \Big|_0^l - \frac{2(\pi n)^2}{l^3} \int_0^l u(x, t) \cdot \sin\left(\frac{\pi nx}{l}\right) dx; \\ \frac{2}{l} \int_0^l a_2(t) \cdot u_{tt} \cdot \sin\left(\frac{\pi nx}{l}\right) dx &= a_2(t) \frac{d^2 u_2}{dt^2}; \\ \frac{2}{l} \int_0^l b_2(t) \cdot u_t(x, t) \cdot \sin\left(\frac{\pi nx}{l}\right) dx &= b_2(t) \frac{du_2}{dt}; \\ \frac{2}{l} \int_0^l c_2(t) \cdot u(x, t) \cdot \sin\left(\frac{\pi nx}{l}\right) dx &= c_2(t) \cdot u_2, \end{aligned}$$

где $u_2 = u_2(t)$ – результат преобразования функции $u(x, t)$ в Ω_2 ,

Подставляя полученные соотношения в уравнение (1) при $t < 0$, приходим к следующему уравнению:

$$a_2 \cdot u_2'' + b_2 \cdot u_2' + p_2 \cdot u_2 = q_2. \quad (8)$$

Здесь

$$p_2(t) = c_2 - \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2, \quad n = \overline{1, \infty};$$

$$q_2(t) = \delta_2 + \frac{2\pi n}{l^2} \cdot \left[(-1)^n \cdot \psi_2(t) - \varphi_2(t) \right],$$

$$n = \overline{1, \infty}.$$

$\delta_2 = \delta_2(t)$ – результат преобразования функции $d_2(x, t)$.

Точно так же из (5) будем иметь

$$\begin{aligned} u_1(0) &= \alpha_1 + \alpha_2 \cdot u_2(0); \\ u_1'(0) &= \beta_1 + \beta_2 \cdot u_2'(0). \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{cases} \gamma_1 \cdot F_1(0) - \gamma_2 \cdot \alpha_2 \cdot \Phi_2(0) - \gamma_3 \cdot \alpha_2 \cdot \Phi_3(0) = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot \Phi_1(0) - F_2(0); \\ \gamma_1 \cdot F_1'(0) - \gamma_2 \cdot \beta_2 \cdot \Phi_2'(0) - \gamma_3 \cdot \beta_2 \cdot \Phi_3'(0) = \beta_1 + \beta_2 \cdot \Phi_1'(0) - F_2'(0); \\ \gamma_2 \cdot \Phi_2(-t_2) + \gamma_3 \cdot \Phi_3(-t_2) = \tilde{f}_2 - \Phi_1(-t_2), \end{cases} \quad (12)$$

где $\tilde{f}_2 = \text{const}$ – результат преобразования функции $f_2(x)$.

Таким образом, вопрос однозначной разрешимости задачи (1)–(5) редуцирован к вопросу разрешимости системы (12). Применяя обратное преобразование [9]:

$$f(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} S_n[u] \cdot \sin\left(\frac{\pi nx}{l}\right)$$

к функциям u_1, u_2 , получим решение задачи (1)–(5) в областях Ω_1, Ω_2 в виде соответствующих рядов Фурье.

Далее, проинтегрируем уравнения (7), (8). Если $b_1(t) = 0$, то $u_1(t)$ сразу определяется из (7), в противном случае, как известно (например [10]), общее решение уравнения (7) имеет вид

$$u_1(t) = \gamma_1 \cdot F_1(t) + F_2(t), \quad (10)$$

где γ_1 – произвольная постоянная; $F_1(t)$ – общее решение соответствующего однородного уравнения; $F_2(t)$ – частное решение неоднородного уравнения.

Общее решение уравнения (7) может быть представлено в виде [2, с. 115]:

$$u_2(t) = \Phi_1(t) + \gamma_2 \cdot \Phi_2(t) + \gamma_3 \cdot \Phi_3(t), \quad (11)$$

где γ_2, γ_3 – произвольные постоянные; $\Phi_1(t)$ – частное решение неоднородного уравнения; $\Phi_2(t), \Phi_3(t)$ – линейно независимые решения соответствующего однородного уравнения.

Из (10) и (11), с учетом (9), а также принимая во внимание (4), получим систему линейных алгебраических уравнений относительно постоянных $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$:

В заключение отметим, что случаи (1) и (2) исследуются аналогично.

Список литературы

1. Елеев В.А., Гучаева З.Х. Об одной краевой задаче для уравнения гипербола-параболического типа второго порядка в прямоугольной области // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2011. – № 6. – С. 34–40.
2. Елеев В.А., Жемухова З.Х. О некоторых краевых задачах для одного смешанного уравнения с разрывными коэффициентами в прямоугольной области // Владикавказский математический журнал. – 2002. – Т. 4. – № 4. – С. 8–18.
3. Лесев В.Н. Исследование разрешимости краевых задач для уравнения четвертого порядка методом конечных интегральных преобразований // Современные проблемы математики: материалы международной конференции. – Махачкала: ДГТУ, 2006. – С. 44–46.
4. Лесев В.Н., Желдашева А.О. Неклассическая краевая задача для смешанного уравнения второго порядка с интегральными условиями сопряжения // Известия смоленского государственного университета. – 2013. – № 3 (23). – С. 379–386.
5. Лесев В.Н., Желдашева А.О. Нелокальная краевая задача для уравнения смешанного типа второго порядка в характеристической области // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2012. – № 3 (106). – С. 52–56.
6. Лесев В.Н., Желдашева А.О. Об одной краевой задаче для смешанного уравнения с разрывными условиями сопряжения // Известия смоленского государственного университета. – 2012. – № 3 (19). – С. 392–399.
7. Лесев В.Н., Шарданова М.А. О разрешимости краевых задач для неоднородного уравнения высокого порядка с переменными коэффициентами // Theoretical & Applied Science. – 2014. – № 12 (20). – С. 101–103.
8. Лесев В.Н., Шарданова М.А. Применение метода конечных интегральных преобразований к исследованию краевой задачи для уравнения высокого порядка // Theoretical & Applied Science. – 2014. – № 5 (13). – С. 1–4.
9. Фарлоу С. Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров: пер. с англ. – М.: Мир, 1985.
10. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1969.

References

1. Eleev V.A., Guchaeva Z.H. Ob odnoj kraevoy zadache dlya uravneniya giperbolo-parabolicheskogo tipa vtorogo poryadka v pryamougolnoj oblasti. Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN. 2011. no. 6. pp. 34–40.

2. Eleev V.A., Zhemuhova Z.H. O nekotorykh kraevykh zadachah dlya odnogo smeshannogo uravneniya s razryvnymi koefitsientami v pryamougolnoj oblasti. Vladikavkazskij matematicheskiy zhurnal. 2002. T. 4. no. 4. pp. 8–18.

3. Lesev V.N. Issledovanie razreshimosti kraevykh zadach dlya uravneniya chetvertogo poryadka metodom konechnykh integralnykh preobrazovaniy. Materialy mezhdunarodnoj konferencii: Sovremennyye problemy matematiki. Mahachkala: DGTU, 2006. pp. 44–46.

4. Lesev V.N., Zheldasheva A.O. Neklassicheskaya kraevaya zadacha dlya smeshannogo uravneniya vtorogo poryadka s integralnymi usloviyami sopryazheniya. Izvestiya smolenskogo gosudarstvennogo universiteta, 2013. no. 3 (23). pp. 379–386.

5. Lesev V.N., Zheldasheva A.O. Nelokalnaya kraevaya zadacha dlya uravneniya smeshannogo tipa vtorogo poryadka v harakteristicheskoy oblasti. Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki, 2012. no. 3 (106). pp. 52–56.

6. Lesev V.N., Zheldasheva A.O. Ob odnoj kraevoy zadache dlya smeshannogo uravneniya s razryvnymi usloviyami sopryazheniya. Izvestiya smolenskogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. no. 3 (19). pp. 392–399.

7. Lesev V.N., Shardanova M.A. O razreshimosti kraevykh zadach dlya neodnorodnogo uravneniya vysokogo poryadka s peremennymi koefitsientami. Theoretical & Applied Science, 2014. no. 12 (20). pp. 101–103.

8. Lesev V.N., Shardanova M.A. Primenenie metoda konechnykh integralnykh preobrazovaniy k issledovaniyu kraevoy zadachi dlya uravneniya vysokogo poryadka. Theoretical & Applied Science, 2014. no. 5 (13). pp. 1–4.

9. Farlou S. Uravneniya s chastnymi proizvodnymi dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov: Per. s angl. M.: Mir, 1985.

10. Ehlsgolc L.EH. Differencialnye uravneniya i variacionnoe ischislenie. M.: Nauka, 1969.

Рецензенты:

Журтов А.Х., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой геометрии и высшей алгебры, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик;

Хаширова Т.Ю., д.т.н., профессор, заведующая кафедрой системного анализа и компьютерных технологий управления, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик.

УДК 621.113

ВЛИЯНИЕ ПОДЪЕМОВ НА МАРШРУТАХ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Корчажкин М.Г., Кузьмин А.Н., Пачурин Г.В.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижний Новгород, e-mail: kormg@yandex.ru, PachurinGV@mail.ru

Работа городских автобусов в режимах повышенных нагрузок является неотъемлемой частью выполнения транспортных задач. Одним из факторов, влияющих на увеличение нагрузок на агрегаты автобусов, являются подъемы на маршрутах следования. Целью данной работы является исследование влияния подъемов на маршрутах городских автобусов на эксплуатационные показатели. Проведенные исследования позволили установить изменение показателей работы двигателей и коробок передач городских автобусов при работе на данных маршрутах. В связи с этим предложены решения по повышению надежности путем разработки: методики оценки состояния масла; обкаточного цикла после ремонта; системы оценки степени износа деталей; методики комплектования пар трения для ремонта; коэффициента корректирования периодичности и содержания технических обслуживаний, характеризующего влияние подъемов, а также проверки прочностного расчета и изменения конструкции. Однако повышенные нагрузки на маршрутах с уклонами оказывают влияние и на работу ведущих мостов, и тормозной системы.

Ключевые слова: отказ, двигатель, коробка передач, маршрут с подъемом, трансмиссионное масло, механические примеси, износ, обслуживание, надежность

INFLUENCE OF RISES ON ROUTES OF THE MOVEMENT OF CITY BUSES ON OPERATIONAL INDICATORS

Korchazhkin M.G., Kuzmin A.N., Pachurin G.V.

FGBOU VPO «Nizhny Novgorod State Technical University», R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: kormg@yandex.ru, PachurinGV@mail.ru

Work of city buses in the modes of the raised loadings is an integral part of performance of transport tasks. One of the factors influencing increase in loads of units of buses are rises on routes. The purpose of this work is research of influence of rises on routes of city buses on operational indicators. The conducted researches allowed to establish change of indicators of operation of engines and transmissions of city buses during the work on these routes. In this regard solutions on increase of reliability by development are proposed: techniques of an assessment of a condition of oil; an obkatochny cycle after repair; systems of an assessment of degree of wear of details; techniques of completing of couples of friction for repair; the coefficient of a correcting of frequency and the content of maintenance characterizing influence of rises, and also checks of calculation of strength calculation and change of a design. However the raised loadings on routes with biases have impact and on work of the leading bridges, and brake system.

Keywords: failure, engine, transmission, route with climbing, gear oil, impurities, depreciation, maintenance, reliability

При работе автобусов на маршрутах общего пользования на основные показатели технической эксплуатации влияет большое количество различных факторов. Из общего числа данных факторов особо необходимо выделить наличие различных изменений рельефа местности на маршруте. Данная особенность маршрутов сказывается на эксплуатационных показателях – расход топлива, расход масла на угар, интенсивность износа основных узлов и т.д. [7]. С точки зрения надежности наличие подъемов на маршруте следования автобусов приводит к изменению показателей безотказности и долговечности. Увеличение нагрузок на основные узлы и агрегаты автобусов неотвратимо влечет за собой снижение средней наработки на отказ. Это в свою очередь непосредственно влияет на показатели ТЭА [1]. Так, при изменении средней на-

работки на отказ агрегата обязательно изменится вид зависимости плотности вероятности отказа от наработки как агрегата, так и всего автомобиля.

Наличие подъемов сказывается и на технико-экономических показателях АТП, обслуживающих данные маршруты. Так, в Нижнем Новгороде существуют предприятия, обслуживающие только равнинные маршруты без каких-либо значительных изменений рельефа местности. В то же время часть АТП обслуживает маршруты, соединяющие районы верхней и нижней частей города. На этих маршрутах имеется значительный перепад высот. При применении одних нормативов ТЭА [4] на предприятиях, обслуживающих маршруты с подъемами, расходы на эксплуатацию автобусов выше, чем у таких же АТП, работающих на равнинных маршрутах. Это, безусловно,

связано с различием нагрузок на основные агрегаты автобусов.

Проведенные ранее исследования [4] показали, что из всех агрегатов автобусов наибольшему влиянию подъемов на маршрутах по результатам исследований подвержен двигатель. Такой вывод можно сделать на основании большого увеличения числа отказов именно двигателей. Основной причиной такого увеличения числа отказов является повышенное температурное состояние деталей ДВС [2]. На это указывает наличие таких «тепловых» отказов, которые на равнинных маршрутах крайне редки. Это значительное увеличение случаев прогаров прокладок головок блоков цилиндров, залегания поршневых колец, а иногда и прогар поршней, прогар или коробление самих головок цилиндров и т.д. Многие из указанных видов отказов на равнинных маршрутах встречаются крайне редко.

По результатам анализа маршрутной сети и геодезической карты Нижнего Новгорода, а также сбора данных по протяженности была построена эпюра характерного маршрута движения автобусов (рис. 1).

На данной эпюре приведен типичный маршрут, соединяющий разные части города. Полученная эпюра позволяет выделить участки маршрута движения автобуса, где наибольший перепад высот. На этих отрезках автобус преодолевает значительные подъемы, испытывая повышенные нагрузки. На построенной эпюре таких участков два – они обозначены I и II (рис. 1). Первый участок – Зеленский съезд, его протяженность 1071 м, перепад высот составляет 75 м. При движении по данному участку двигатель автобуса испытывает увеличенные нагрузки, в результате чего повышается его темпера-

тура. Ситуация усугубляется в летний период, когда температура окружающего воздуха от 15 °С и выше. Замеры показали, что в конце данного подъема при движении автобуса с полной нагрузкой температура охлаждающей жидкости двигателя составляет 105 °С. При таких условиях работы двигателей резко увеличивается количество «тепловых» отказов.

Аналогичная картина складывается и на втором участке маршрута – «Ракатное шоссе» (рис. 1). Протяженность этого участка 1552 м, а высота подъема – 63 м. Несмотря на большую протяженность и меньшую высоту подъема, этот участок маршрута также вызывает повышение температуры ДВС. Проблема усугубляется еще и тем, что в середине данного подъема находится остановочный пункт, в то время, как первый участок автобусы преодолевают без остановок. Подобных подъемов на маршрутах городских автобусов в городе пять, при преодолении их также наблюдается повышенное тепловое состояние автобусных двигателей.

Дальнейшие исследования эксплуатационной надежности двигателей автобусов ПАЗ-3205 проводились с использованием статистического моделирования. Исходная информация получена из экспериментальных наблюдений за отказами при непроведении ТО-2 двигателей. Информация об отказах автобусов собиралась на протяжении двух лет в пассажирских автопредприятиях г. Нижнего Новгорода. Исследования возникновения отказов городских автобусов каждой марки проводились в три основных этапа – анализ отказов по автобусу в целом; анализ отказов и построение их статистических моделей для наименее надежного агрегата.

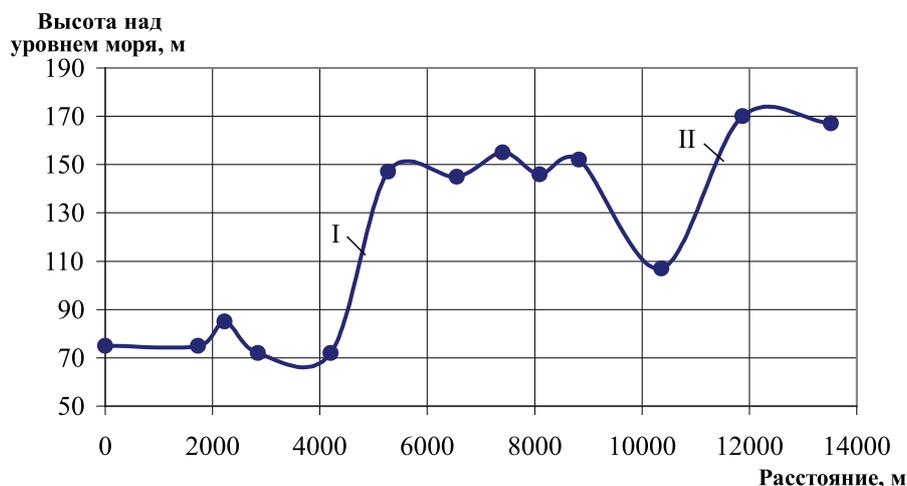


Рис. 1. Эпюра маршрута движения городского автобуса в Нижнем Новгороде

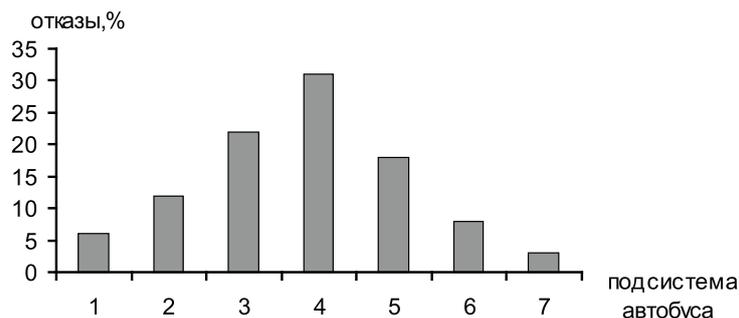


Рис. 2. Диаграмма распределения отказов автобусов ПАЗ-3205 по подсистемам:
 1 – рулевое управление (6%); 2 – ходовая часть (12%); 3 – электрооборудование (22%);
 4 – двигатель и его системы (31%); 5 – трансмиссия (18%);
 6 – тормозная система (8%); 7 – кузов (3%)

В результате построена диаграмма отказов автобусов ПАЗ-3205 (рис. 2). Наибольшее количество отказов приходится на двигатель, который оказывает наибольшее влияние на эксплуатационную надежность автобусов ПАЗ-3205.

В свою очередь, при анализе отказов двигателей они разбивались по системам и механизмам: кривошипно-шатунный механизм (КШМ) с входящими в него деталями цилиндрично-поршневой группы (ЦПГ); система охлаждения; система зажигания; газораспределительный механизм (ГРМ); система питания.

По полученным результатам построена диаграмма распределения отказов двигателей автобусов ПАЗ-3205, работающих в г. Нижнем Новгороде (рис. 3).

окружающего воздуха повышается. Чаще появляются такие отказы, как прогар прокладки головки блока цилиндров, задир их зеркал, закоксовывание поршневых колец, изменение тепловых зазоров клапанов в ГРМ, реже – прогорание днищ поршней, образование в системе топливоподачи паровых пробок, растрескивание гильз цилиндров [3]. Условно назовем эти отказы «тепловыми». Необходимо отметить, что на данном этапе исследовались автобусы, работающие на равнинных маршрутах без значительных подъемов.

Дальнейшие исследования эксплуатационной надежности двигателей автобусов ПАЗ-3205 проводились с использованием статистического моделирования

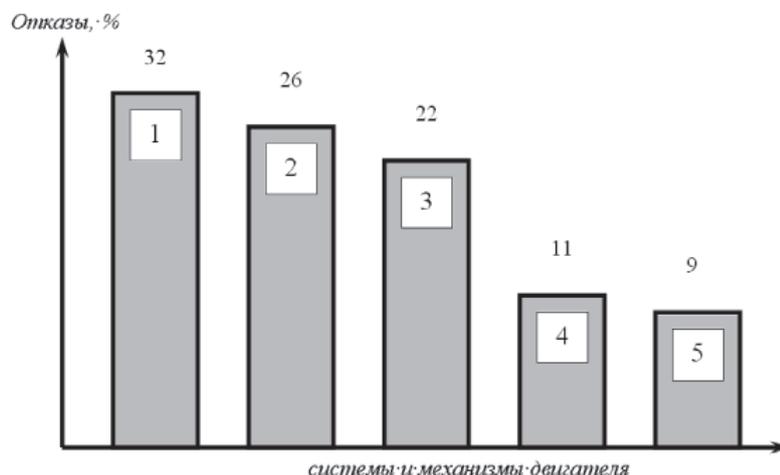


Рис. 3. Диаграмма распределения отказов двигателей автобусов ПАЗ-3205:
 1 – КШМ (ЦПГ); 2 – система зажигания; 3 – ГРМ;
 4 – система охлаждения; 5 – система питания

Наибольшее количество отказов приходится на КШМ с деталями ЦПГ. Данная тенденция распределения отказов усугубляется в летний период, когда температура

и разработанного программного комплекса. Исходная информация получена из экспериментальных наблюдений за отказами при непроведении ТО-2 двигателей.

Минимально необходимое количество образцов для испытаний (N) при нормальном законе распределения случайной величины определяется как:

$$N = \frac{t_{\beta}^2 \cdot v^2}{\varepsilon^2}, \quad (1)$$

где t_{β} – коэффициент, зависящий от β ; ε – точность (ошибка) вычисления.

Существуют таблицы объемов испытаний и выборок в зависимости от наиболее часто применимых значений ε , v и β . В результате были определены объемы испытаний исследуемых двигателей. На автобусах ПАЗ-3205 наблюдению подвергались новые двигатели, что позволило принять коэффициент $v = 0,25$. Для анализа эксплуатационной надежности испытаниям необходимо подвергнуть 19 автобусов ПАЗ-3205. В процессе исследований возможен преждевременный выход из строя объектов, поэтому испытаниям подвергались 20 автобусов ПАЗ-3205.

Выявлено, что отказы двигателей автобусов подчиняются нормальному закону распределения (рис. 4). Математические модели полученного теоретического закона

распределения отказов двигателей автобусов ПАЗ имеют вид для плотности распределения отказов $f(x)$ и вероятности отказов $F(x)$:

$$f(x) = 0,41 \exp \left[-\frac{(x - 23,39)^2}{187,98} \right]; \quad (2)$$

$$F(x) = \int_0^{23,39} 0,41 \exp \left[-\frac{(x - 23,39)^2}{187,98} \right] dx. \quad (3)$$

При работе городских автобусов на маршрутах с подъемами в силу отмеченных явлений неизбежно снижается средняя наработка на отказ как всего двигателя, так и его систем. Как отмечалось, это отрицательно сказывается на показателях их эксплуатационной надежности. Увеличивается число отказов двигателей в период наработки между регламентными работами, характеризующееся определенным видом функции плотности распределения вероятности отказов.

Далее была обработана информация об отказах двигателей автобусов ПАЗ, работающих на маршрутах с подъемами, без проведения ТО-2 двигателей. Получена соответствующая функция плотности распределения их отказов (рис. 5).

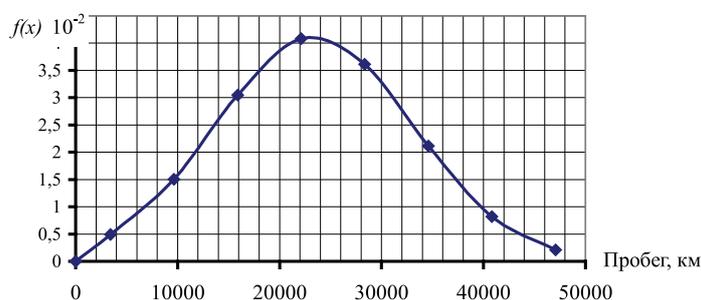


Рис. 4. Теоретическое распределение отказов двигателей автобусов ПАЗ-3205

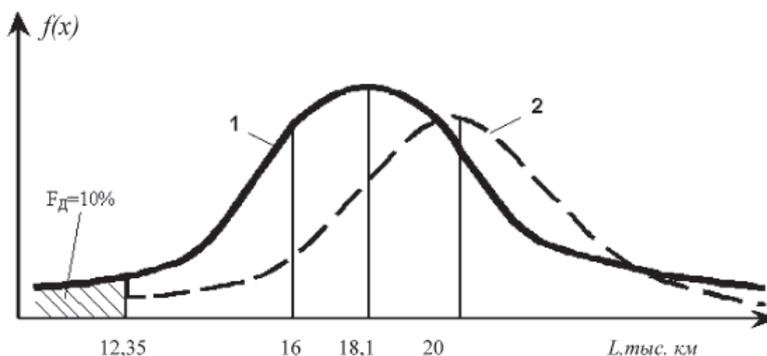


Рис. 5. Функция плотности распределения отказов двигателей автобусов ПАЗ-3205: 1 – распределение отказов при нормативной периодичности ТО-2; 2 – распределение отказов после внедрения упреждающего ТО; $L_{ТО-2} = 16000$ км – нормативная периодичность ТО-2 автобусов ПАЗ-3205; $L_{отк} = 18100$ км – средняя наработка на отказ двигателей; $L_{отк}(У) = 12350$ км – рациональная периодичность упреждающего ТО; $L'_{отк} = 20000$ км – средняя наработка на отказ двигателей при внедрении упреждающего ТО

Целью получения данной зависимости (рис. 5) было определение рациональной периодичности ТО двигателей как наиболее нагруженных агрегатов при работе автобусов на маршрутах с подъемами. Для этого использовался метод определения периодичности технических обслуживаний по допустимому уровню безотказности. При этом допустимая вероятность отказов (риск F_d) принята равной 10%. Оптимальная периодичность проведения ТО двигателей автобусов ПАЗ-3205 в условиях работы на маршрутах с подъемами составила $l_0 = 12350$ км.

На следующем этапе исследований была проведена оценка влияния подъемов на маршрутах на показатели надежности трансмиссий и, в частности, коробок передач (КП) автобусов [5]. Для анализа безотказности испытаниям были подвергнуты по 20 автобусов ПАЗ-32054 для различных маршрутов. Такое количество было взято с целью исключения влияния на результаты наблюдений выходов автобусов из эксперимента. Установлено, что наибольшему влиянию уклонов на маршрутах подвержены КП (39,1% от всех отказов составляющих элементов трансмиссий). Для исследований безотказности трансмиссий и их КП автобусов ПАЗ-32054 построены статистические модели (рис. 6).

Математические модели полученного теоретического закона распределения отказов КП автобусов ПАЗ имеют вид (выражение 4 – для КП на маршрутах с уклонами, 5 – для КП на равнинных маршрутах):

$$f(x) = 0,0269 \cdot e^{-\left[\frac{(l-41,989)^2}{438,731}\right]}; \quad (4)$$

$$f(x) = 0,0207 \cdot e^{-\left[\frac{(l-52,680)^2}{738,663}\right]}; \quad (5)$$

где $f(l)$ – плотность вероятности отказов.

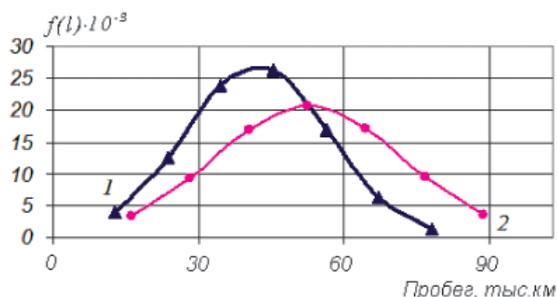


Рис. 6. Распределение отказов КП ГАЗ-3307 автобусов ПАЗ-32054:

1 – маршруты с подъемами; 2 – равнинные

Выявлено, что отказы КП автобусов подчиняются нормальному закону распределения, причём значения параметров распределения на маршрутах с уклонами значительно ниже, чем на равнинных: математическое ожидание 41989 км (52680 км для равнинных), среднеквадратическое отклонение 14811 км (на равнинных – 19217 км).

Далее проведено исследование причин отказов механических КП с проведением химического анализа трансмиссионных масел, моделирования и расчета значений параметров изнашивания зубчатых колес КП, моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) картеров КП [1]. Для трансмиссионных масел КП ГАЗ-3307 автобусов ПАЗ-32054, работающих на маршрутах с уклонами, экспериментально установлено превышение нормативного значения механических примесей до наступления регламентных замен масел. Исследования свойств масел производились в сертифицированной лаборатории НГТУ им. Р.Е. Алексеева путем отбора и анализа проб при каждом втором ТО. Существенные отклонения от норм зарегистрированы в образцах, отобранных через 38400 км пробега (периодичность регламентной замены), что представлено в таблице.

Показатели свойств трансмиссионного масла ТАп-15В при пробеге 38400 км на равнинном маршруте и маршруте с уклонами (фрагмент)

Наименование показателей	Нормативное значение	Фактическое значение		Стандарты методов испытаний
		Маршрут равнинный	Маршрут с уклонами	
Вязкость кинематическая при 100°C, мм ² /с	14,0–16,0	14,70	14,97	ГОСТ 33-2000
Плотность при 20°C, г/см ³	не более 0,930	0,923	0,939	ГОСТ 3900-85
Температура вспышки, в открытом тигле, °C	не ниже 185	193	199	ГОСТ 4333-87
Массовая доля механических примесей, %	не более 0,03	0,0291	0,0466	ГОСТ 6370-83
Массовая доля воды, %	следы	следы	0,21	ГОСТ 2477-65
Совместимость с резиной УИМ-1 (по изменению объема), %	4–10	10,09	11,01	ГОСТ 23652-79

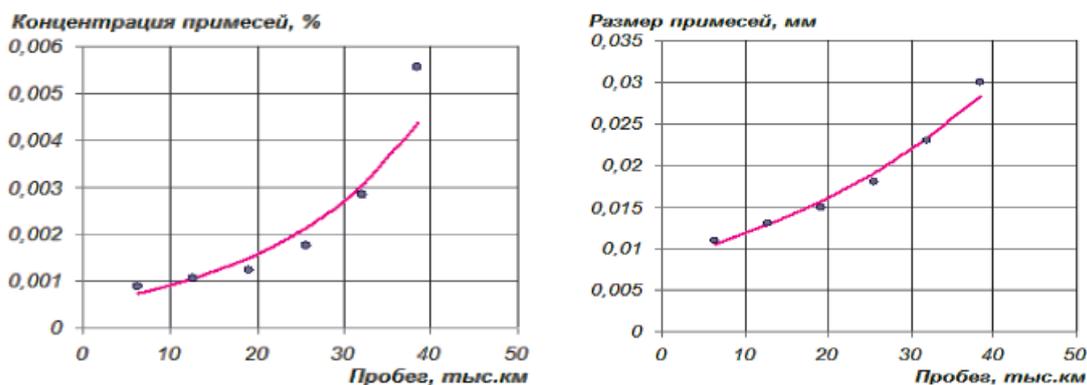


Рис. 7. Экспериментальные зависимости параметров механических примесей в маслах КП автобусов ПАЗ-32054, обслуживающих маршруты с уклонами, от пробегов

Путем анализа проб трансмиссионного масла, забор которых осуществлялся с периодичностью 6400 км из КП автобусов ПАЗ-32054, работающих на маршрутах с уклонами, установлены значения концентрации и размера механических примесей на пробегах l_i (рис. 7).

Установлено, что следствием повышенного содержания механических примесей является увеличение скорости изнашивания зубьев колес КП (особенно 1-й передачи в связи с наибольшей нагруженностью) [6]. На основании исследований определены скорректированные значения периодичности замен масел в КП автобусов ПАЗ.

Очевидно, что подъемы на маршрутах движения городских автобусов оказывают влияние на большинство нагруженных агрегатов. На данном этапе проводятся исследования эксплуатационной надежности задних мостов и тормозных систем автобусов. Отдельный интерес перевозчиков вызывает эксплуатационная надежность автоматических трансмиссий автобусов ЛиАЗ, анализ которой также проводится на кафедре «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева».

Выводы

Рельеф местности, а в особенности наличие крутых подъемов на маршрутах эксплуатации автобусов оказывает существенное влияние на снижение надежности двигателей и коробок передач автобусов. Очевидно, что для получения полной картины влияния подъемов на маршрутах на эксплуатационные показатели необходимо исследование эксплуатационной надежности задних мостов и тормозных систем автобусов.

Список литературы

1. Корчажкин М.Г., Кузьмин Н.А., Кустиков А.Д. Совершенствование нормативов технической эксплуатации городских автобусов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексева. – 2012. – № 4 (97). – С. 168–174.
2. Кузьмин Н.А. Разработка научных основ обеспечения работоспособности теплонегруженных деталей автомобильных двигателей: диссертация на соискание ученой степени

доктора технических наук / Нижегородский государственный технический университет. – Нижний Новгород, 2006.

3. Кузьмин Н.А. Профилирование головок поршней ДВС // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2006. – № 12. – С. 41.
4. Кузьмин Н.А., Кустиков А.Д. Проблемы надежности трансмиссий городских автобусов // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 8. – С. 39.
5. Кузьмин Н.А., Кустиков А.Д., Ясенов В.В. Особенности работы механических коробок передач городских автобусов при эксплуатации на маршрутах с подъемами // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 4. – С. 37–39.
6. Пачурин Г.В., Филиппов А.А., Кузьмин Н.А. Анализ качества проката для холодной высадки крепежных изделий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8. – С. 111.
7. Плеханов Д.К., Кузьмин Н.А. Стратегии диспетчерского управления работой грузовых автомобилей при массовых перевозках // Автотранспортное предприятие. – 2009. – № 12. – С. 40–41.

References

1. Korchazhkin M.G., Kuzmin N.A., Kustikov A.D. Sovershenstvovanie normativov tehnicheckoj jekspluatacii gorodskih avtobusov // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2012. no. 4 (97). pp. 168–174.
2. Kuzmin N.A. Razrabotka nauchnyh osnov obespechenija rabotosposobnosti teplonagruzhennyh detalej avtomobilnyh dvigatelej: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehnicheckih nauk / Nizhegorodskij gosudarstvennyj tehnicheckij universitet. Nizhnij Novgorod, 2006.
3. Kuzmin N.A. Profilirovanie golovok porshnej DVS // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Mashinostroenie. 2006. no. 12. pp. 41.
4. Kuzmin N.A., Kustikov A.D. Problemy nadezhnosti transmissij gorodskih avtobusov // Avtotransportnoe predpriatie. 2012. no. 8. pp. 39.
5. Kuzmin N.A., Kustikov A.D., Jasenov V.V. Osobennosti raboty mehanicheckih korobok peredach gorodskih avtobusov pri jekspluatacii na marshrutah s pod'emami // Avtotransportnoe predpriatie. 2014. no. 4. pp. 37–39.
6. Pachurin G.V., Filippov A.A., Kuzmin N.A. Analiz kachestva prokata dlja holodnoj vysadki krepzhenykh izdelij // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2014. no. 8. pp. 111.
7. Plehanov D.K., Kuzmin N.A. Strategii dispetcherskogo upravlenija rabotoj gruzovyh avtomobilej pri massovyh perevozkah // Avtotransportnoe predpriatie. 2009. no. 12. pp. 40–41.

Рецензенты:

Панов А.Ю., д.т.н., профессор, директор ИПТМ, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева, г. Нижний Новгород;
 Молев Ю.И., д.т.н., профессор кафедры «Строительные и дорожные машины», Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева, г. Нижний Новгород.

УДК 534.21

ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ РАБОЧИХ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА ПРИ НЕРЕГУЛЯРНОМ НАГРУЖЕНИИ

¹Котельников А.Н., ²Габов И.Г.

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, e-mail: kotelnikov@avid.ru;

²ОАО «Авиадвигатель», Пермь, e-mail: gabov-ig@avid.ru

Описаны результаты усталостных испытаний рабочих лопаток компрессора из титанового сплава VT8M при регулярном и программном нагружении. Результаты усталостных испытаний лопаток при регулярном нагружении представлены на основе предположения о бимодальном распределении усталостной долговечности. При составлении испытательной программы для программного (блочного) нагружения исходная информация о нагруженности исследуемых лопаток получена по результатам динамического тензометрирования на одном из режимов работы газотурбинного двигателя. Расчет суммы относительных долговечностей при нерегулярном нагружении выполнен также исходя из бимодального распределения усталостной долговечности лопаток. На примере рабочей лопатки компрессора газотурбинного двигателя показан один из возможных подходов к оценке усталостной прочности при нерегулярном нагружении.

Ключевые слова: рабочая лопатка компрессора, титановый сплав, многоцикловая усталость, регулярное и нерегулярное нагружение, эквивалентные напряжения

FATIGUE EVALUATION OF ROTATING COMPRESSOR BLADES UNDER THE CONDITIONS OF IRREGULAR LOADING

¹Kotelnikov A.N., ²Gabov I.G.

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: kotelnikov@avid.ru;

²Aviadvigatel OJSC, Perm, e-mail: gabov-ig@avid.ru

This article describes the results of the fatigue tests of rotating compressor blades made of titanium alloy VT8M under the conditions of regular and irregular loading. The results of blades fatigue test with regular loading were based on the assumption of a bimodal distribution of fatigue life. In drawing up the irregular (block) loading test program source data on test specimens' loading were obtained by the results a dynamic strain-gaging at one of the gas turbine engine operating modes. Calculation of the relative operating life amount under the irregular loading was also performed on the basis of a bimodal distribution of blades fatigue life. Through the example of a rotating compressor blade of the gas turbine engine one of the possible approaches to the fatigue evaluation under the irregular loading is described.

Keywords: rotating compressor blade, titanium alloy, high cycle fatigue, regular and non-regular loading, equivalent stress

Лопатки компрессора – одни из наиболее ответственных и самые многочисленные детали ГТД. Наибольшее число отказов лопаток компрессора при доводке и эксплуатации двигателя связано с действием повышенных переменных напряжений или с недостаточной усталостной прочностью [3, 4, 5].

При оценке динамической прочности лопаток определяются коэффициенты запаса по сопротивлению усталости. Они вычисляются для экстремальных отклонений действующих и предельно допустимых напряжений [4]. При этом предполагается, что вибрационные напряжения, определяемые, как правило, тензометрированием, изменяются во времени по гармоническому закону и подобны напряжениям, возникающим в лопатке при определении ее предела выносливости. Данный подход нашел широкое распространение для оценки динамической прочности при регулярном характере нагру-

жения лопаток. Одним из методов оценки усталостной прочности деталей при регулярном нагружении является вычисление эквивалентных регулярных напряжений, соответствующих по повреждающему действию рабочим напряжениям, и сравнение их с пределом выносливости детали [1]. Эквивалентные напряжения определяются на основе использования одной из гипотез суммирования усталостных повреждений, например скорректированной гипотезы линейного накопления повреждения [2]. В работе уравнение относительных долговечностей представлено в виде

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = A, \quad (1)$$

где N_i – долговечность на кривой усталости для определенной нагрузки; n_i – число циклов с одинаковой амплитудой; A – некоторый безразмерный параметр прочности, мало отличающийся от единицы.

Задачей проведенных экспериментальных исследований являлось получение экспериментальных данных об усталости натурных лопаток из титанового сплава при блочном и регулярном нагружении и уточнение суммы относительных долговечностей, используемой для расчета эквивалентных напряжений.

Объектом исследования являлись рабочие лопатки одной из первых ступеней компрессора низкого давления авиационного газотурбинного двигателя. Лопатки изготовлены из титанового сплава BT8M. Технология изготовления лопаток включает следующие основные операции: штамповка, двухступенчатый отжиг; механическая обработка (фрезерование, шлифование, полирование); отжиг при температуре $(550 \pm 10)^\circ\text{C}$, охлаждение в аргоне и на воздухе; полировка пера и продольная полировка входной и выходной кромок.

Усталостные испытания при регулярном нагружении

Усталостные испытания лопаток проводили на электродинамическом вибростенде при комнатной температуре по основной (первой изгибной) форме колебаний. Все лопатки препарировали тензорезисторами в месте действия максимальных вибронапряжений при колебаниях по первой изгибной форме. Препарированные лопатки устанавливались на подвижный стол вибростенда, и выполнялась динамическая тарировка. В процессе тарировки были получены зависимости между амплитудой перемещения одного из сечений лопатки и амплитудой напряжений по тензорезистору. Динамическая тарировка проводилась для каждой лопатки. Контроль уровня нагрузки при рабочих режимах испытания выполнялся с помощью микроскопа и лазерного вибрметра. При усталостных испытаниях за критерий разрушения лопатки принималось падение частоты колебаний на 3...5%.

Результаты усталостных испытаний лопаток при регулярном нагружении представлены на рис. 1. По данным [4] для лопаток компрессора из титановых сплавов характерно отсутствие точек перегиба кривой усталости до базы 10^8 циклов. В отличие от традиционного представления результатов усталостных испытаний в виде кривой усталости без точки перегиба, результаты испытаний исследуемых лопаток представлены на рис. 1 на основе предположения о бимодальном распределении усталостной долговечности. В диапазоне до $2 \cdot 10^8$ циклов имеют место две кривые усталости. Определены параметры левой и правой кривых усталости и область, в пределах которой

долговечность лопаток, испытанных на одном уровне напряжений, может принимать значения, соответствующие той или иной кривой. Расслоение распределения долговечности при уменьшении амплитуды напряжений может быть объяснено нестабильностью технологического процесса [4] или двумя механизмами разрушения при различных уровнях нагрузки [1]. В последнем случае для правильной интерпретации результатов испытаний необходима селекция лопаток по данным исследований изломов. Результаты исследования рабочих лопаток после усталостных испытаний при регулярном нагружении представлены в табл. 1.

Для выяснения причин указанного расслоения усталостной долговечности кроме исследования изломов, на образцах, вырезанных из испытанных лопаток, определены предел прочности σ_B , относительное удлинение δ , остаточные напряжения $\sigma_{сж}$ и степень наклепа u_H . Результаты исследования изломов лопаток показали, что вне зависимости от принадлежности к левой или правой ветвям усталости очаги разрушения лопаток располагались на поверхности в местах наибольших напряжений (на спинке или кромках лопаток). Макроструктура макрошлифов всех исследованных лопаток имеет матовый тон. Величина макрозерна соответствует 2 баллу 10-балльной шкалы макроструктур. Микроструктура материала всех лопаток идентичная, равноосная, соответствует 2 типу шкалы № 2 ОСТ 1 90002.

Выполненные исследования изломов и испытания образцов из лопаток (табл. 1) не позволяют сделать вывод о причине бимодального распределения усталостной долговечности.

Усталостные испытания при нерегулярном (блочном) нагружении

Методика усталостных испытаний при блочном нагружении соответствовала методике при регулярном нагружении этих же лопаток.

При составлении испытательной программы для блочного нагружения исходная информация о нагруженности исследуемых лопаток получена по результатам динамического тензометрирования на одном из режимов работы двигателя в условиях, наиболее приближенных к эксплуатационным, – в составе летающей лаборатории. Для обработки экспериментальных данных тензометрирования лопаток применялся разрядный метод. Схематизация изучаемого процесса была выполнена методом максимумов. Для сокращения времени усталостных испытаний применяли форсирование

режимов нагрузки – все уровни напряжений были увеличены в ~3,6 раза. Блок нагружения включал в себя уровни напряжений ниже условного предела выносливости лопаток на базе 10^8 циклов и напряжения, превышающие предел выносливости. Распределение количества циклов работы на каждом уровне напряжений соответствовало распределению долговечности в спектре эксплуатационных нагрузок. Расчетное количество блоков нагружения $\lambda = 10$ (при сумме относительных долговечностей равной $a_s = 1,0$). Показатель

наклона кривой усталости принят равным $m = 15$. Исходя из представленных данных и частот колебаний каждой лопатки, рассчитывалось время работы лопатки на каждом уровне блока нагружения.

В результате испытаний при программном нагружении получен значительный разброс усталостной долговечности лопаток (рис. 2): часть лопаток разрушилась при первом блоке нагружения ($\lambda < 1$), для других долговечность (в блоках нагружения λ) составила $1 \leq \lambda < 6$ и $10 \leq \lambda \leq 20$.

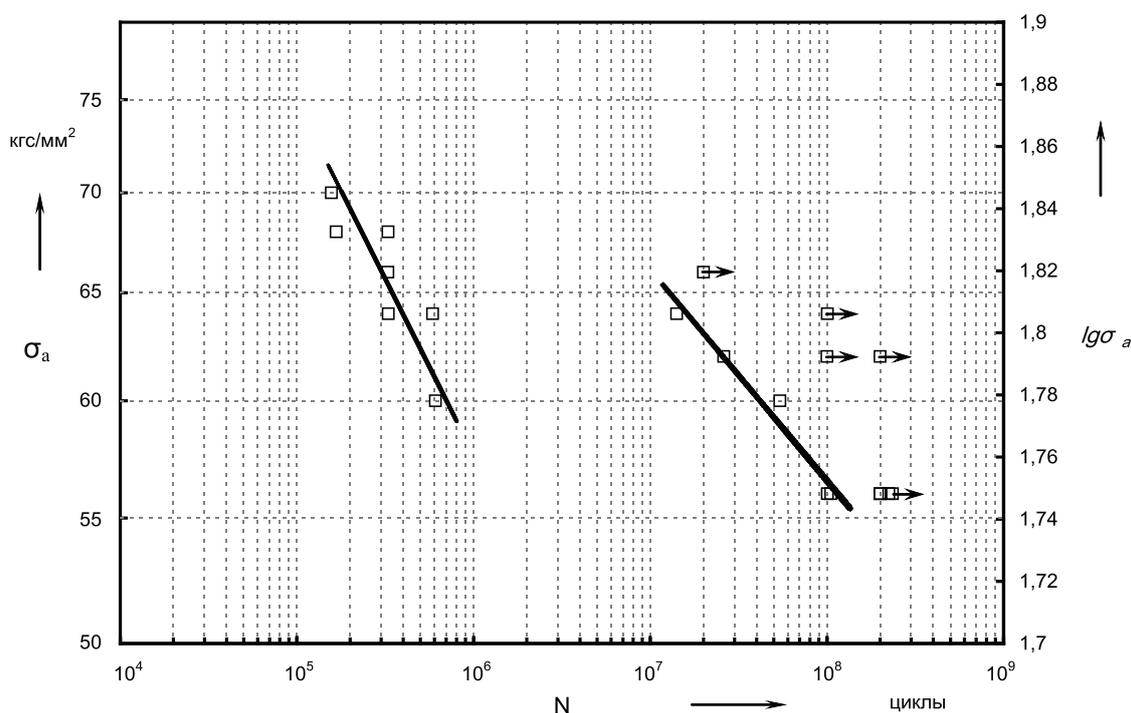


Рис. 1. Кривые усталости рабочих лопаток компрессора из титанового сплава VT8M при симметричном изгибе с частотой основной формы

Таблица 1

Результаты исследования рабочих лопаток после усталостных испытаний при регулярном нагружении

Долговечность N , циклы	$< 10^6$	$> 10^7$
Номер плавки	ТП, ПК, РБ	ТП, ПК, РБ
Место поломки	Спинка, выходная кромка	Спинка, входная и выходная кромки
σ_B , кгс/мм ²	116,4...118,1	123,7
δ , %	10...12	10
$\sigma_{сж}$, кгс/мм ²	-1,6...-14,5	-0,2...-7,6
$u_{Н1}$, %	0	0
R_{a^2} , мкм	0,17...0,58 (соответствует чертежу)	
Макроструктура	2 балла 10-балльной шкалы макроструктур	
Микроструктура	Равноосная, 2 тип шкалы № 2 ОСТ 1 90002	

Полученные данные по разбросу усталостной долговечности лопаток, испытанных по одной программе нагружения, подтверждают предположение о смешанном характере распределения долговечности для ряда уровней напряжений. Некоторые уровни напряжений при блочном нагружении попали в область, в пределах которой долговечность лопаток, испытанных на одном уровне нагрузки, может принимать значения, соответствующие правой или левой кривой усталости.

Возникла неопределенность в выборе ветви кривой усталости (правой или левой), по которой необходимо выполнить подсчет сумм относительной долговечности. Поэтому были выполнены расчеты отдельно для каждой кривой, а также для случая описания результатов в виде одной (обобщенной) кривой усталости и для случая, когда до определенного уровня напряжений реализуется долговечность, соответствующая правой кривой, а при превышении этого уровня – левой кривой. Граничное значение напряжений, выше которого долговечность реализуется для левой кривой усталости, определялась по результатам анализа распределения долговечности при программном нагружении (рис. 2), кривых усталости и программы нагружения (рис. 3). Для лопаток с долговечностью $\lambda < 1$ и $10 \leq \lambda \leq 20$ (в блоках нагружения) граничное напряжение принималось равным соответственно минимальному и максимальному уровню напряжений, при котором имеет место повышенный (более чем на порядок) разброс циклической долговечности при регулярном нагружении. Для группы лопаток с долговечностью $1 \leq \lambda < 6$ граничное напряжение принято равным среднему значению для двух групп лопаток с $\lambda < 1$ и $10 \leq \lambda \leq 20$.

Результаты расчета сумм относительных долговечностей a_3 представлены в табл. 2.

Из представленных в табл. 2 результатов расчетов видно, что для вариантов

расчета только по левой, только по правой или по обобщенной кривым имеет место 80...100-кратный разброс сумм относительных долговечностей. Учет бимодального характера распределения усталостной долговечности приводит к снижению разброса до $a_3 = 0,647...1,998$.

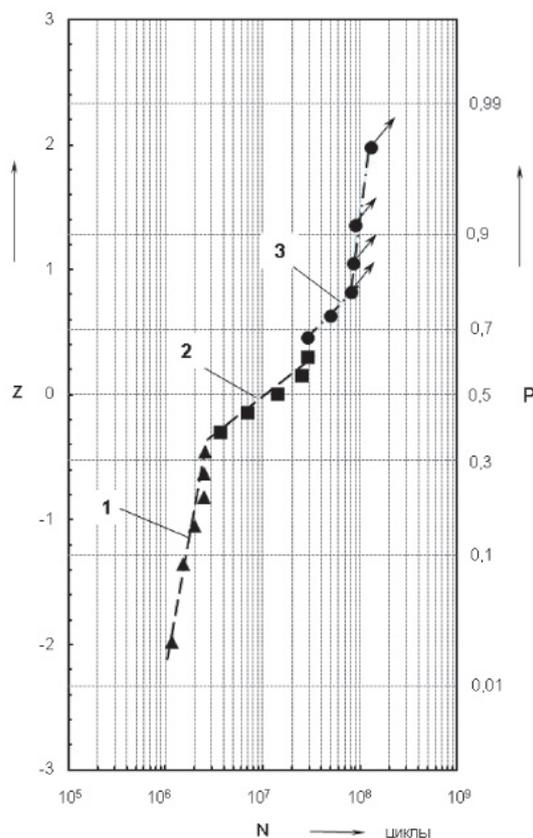


Рис. 2. Распределение долговечности лопаток при блочном нагружении:
1 – $\lambda < 1$; 2 – $1 \leq \lambda < 6$; 3 – $10 \leq \lambda \leq 20$

Этот результат согласуется с результатами исследований по суммированию накоплений усталостных повреждений различных сплавов [3].

Таблица 2

Результаты расчета сумм относительных долговечностей a_3

Расчет	a_3
По левой кривой ($m = 8,4$)	1,459...117,541
По правой кривой ($m = 14,7$)	0,024...1,998
По обобщенной кривой ($m = 31,3$)	0,093...9,21
С учетом бимодального распределения: – $\lambda < 1$ по левой кривой при $\sigma \geq 60$ кгс/мм ² и по правой кривой при $\sigma < 60$ кгс/мм ² ; – $1 \leq \lambda < 6$ по левой кривой при $\sigma \geq 63$ кгс/мм ² и по правой кривой при $\sigma < 63$ кгс/мм ² ; – $10 \leq \lambda \leq 20$ по левой кривой при $\sigma \geq 66$ кгс/мм ² и по правой кривой при $\sigma < 66$ кгс/мм ²	0,647...1,998

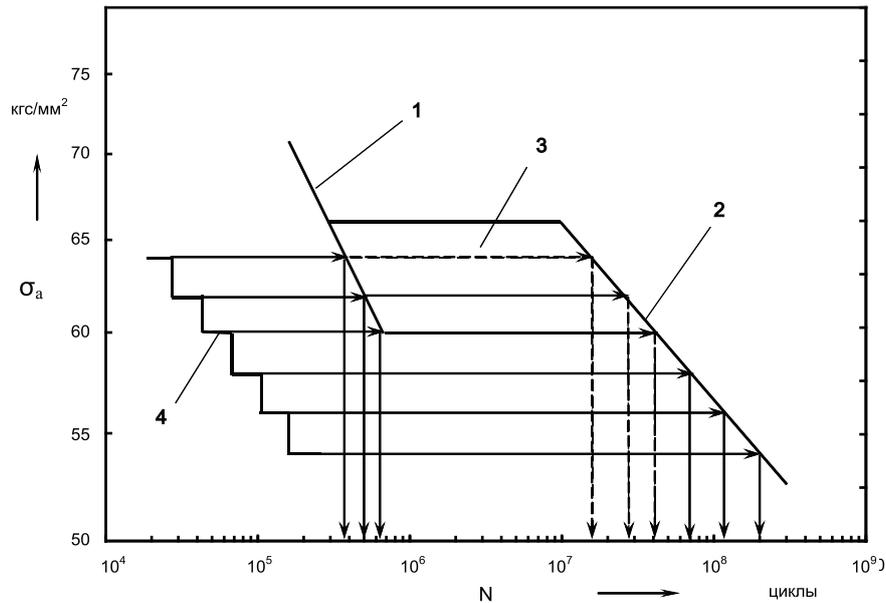


Рис. 3. К расчету сумм относительной долговечности:
 1 – левая ветвь кривой усталости; 2 – правая ветвь кривой усталости;
 3 – в области, в пределах которой долговечность лопаток, испытанных на одном уровне нагрузки, может принимать значения, соответствующие правой или левой кривой усталости;
 4 – программа нагружения (схематично).

Расчет эквивалентных напряжений

Минимальное значение полученных сумм относительных долговечностей, полученное с учетом бимодального распределения, использовано для оценки эквивалентных напряжений по формуле:

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt[m]{\frac{1}{N_0 a_s} \sum_{i=1}^{i=k} \sigma_{vi}^m n_i}, \quad (2)$$

где n_i – число циклов нагружения при амплитуде σ_{vi} ; N_0 – базовое число циклов; a_s – сумма относительных долговечностей; m – показатель наклона кривой усталости.

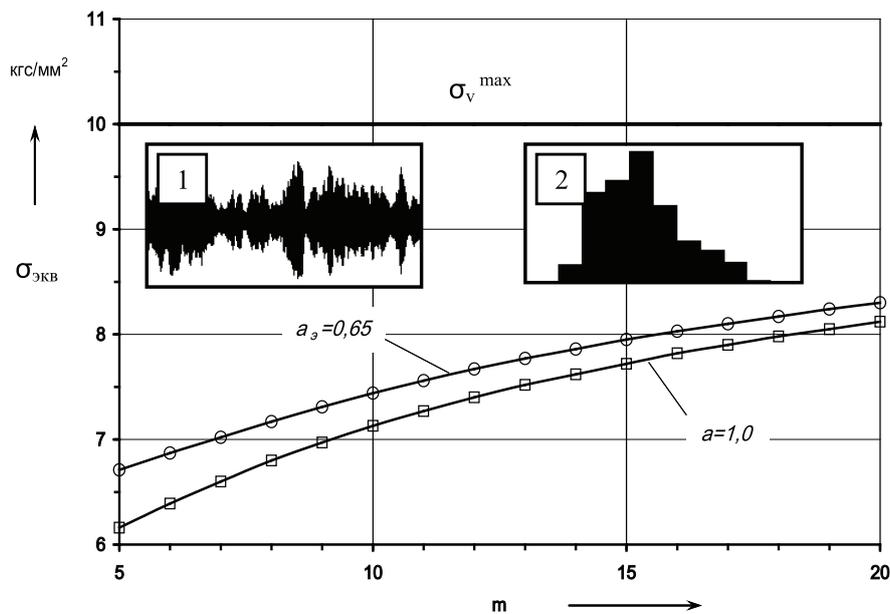


Рис. 4. Значения эквивалентных напряжений в зависимости от показателя наклона кривой усталости m . Максимальные измеренные вибронпряжения $\sigma_{v \max} = 10,0 \text{ кгс/мм}^2$ ($\sigma_v = 4,54 \text{ кгс/мм}^2$, $S = 1,73 \text{ кгс/мм}^2$);
 1 – вид сигнала с тензорезистора на лопатке; 2 – распределение амплитуд вибронпряжений

На рис. 4 представлены результаты расчета эквивалентных напряжений для рабочих лопаток компрессора низкого давления на одном из режимов работы газотурбинного двигателя. В зависимости от показателя наклона кривой m от 5 до 20 значения эквивалентных напряжений изменяются в пределах 5,2...8,1 кгс/мм² при $a = 1,0$ и 6,7...8,3 кгс/мм² при $a_3 = 0,65$. При значении $m \approx 15$, полученном для правой ветви кривой усталости по результатам испытаний лопаток при регулярном нагружении, величина эквивалентных напряжений, вычисленная без коррекции линейной теории, на 7% ниже, чем определенные с учетом экспериментального значения $a_3 = 0,65$.

Заключение

Вычисленные описанным выше образом эквивалентные вибронапряжения могут быть использованы для последующих расчетов коэффициентов запасов по сопротивлению усталости деталей и оценки их динамической прочности. При расчете коэффициентов запасов по сопротивлению усталости исследуемых лопаток компрессора разница между величинами запасов, определенными с учетом нерегулярности нагружения (по скорректированной линейной теории накопления усталостных повреждений) и без учета нерегулярности нагружения (по максимальным измеренным напряжениям), может составлять ~20%.

Неучет нерегулярности нагружения может привести к необоснованному занижению оценки динамической прочности лопаток, что повлечет за собой дорогостоящую доводку, увеличение массы двигателя при утолщении профиля лопаток и снижение его конкурентоспособности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (договор № 02.G25.31.0016) в рамках реализации Постановления Правительства РФ № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих ком-

плексные проекты по созданию высокотехнологического производства».

Список литературы

1. Конструкционная прочность материалов и деталей газотурбинных двигателей / И.А. Биргер, Б.Ф. Балашов, Р.А. Дульнев и др.; под ред. И.А. Биргера и Б.Ф. Балашова. М.: Машиностроение, 1981. – 222 с.
2. Машины и приборы для программных испытаний на усталость; под ред. М.Э. Гарфа. – Киев: Наукова думка, 1970. – 193 с.
3. Нихамкин М.Ш., Воронов Л.В., Конев И.П., Семенова И.В., Плотников Ю.И., Сараева Л.В. Снижение усталостной прочности лопаток компрессора ГТД при повреждении посторонними предметами // *Авиационная промышленность*. – 2008. – № 1. – С. 21–24.
4. Петухов А.Н. Сопротивление усталости деталей ГТД. – М.: Машиностроение, 1993. – 240 с.
5. Nikhamkin M.S., Voronov L.V., Semenova I.V. Foreign object damage and fatigue strength loss in compressor blades. Proceedings of the ASME Turbo Expo 2008. – Berlin, 2008. – P. 245–251.

References

1. Konstrukcionnaya prochnost materialov i detaley gazoturbinyh dvigateley / I.A. Birger, B.F. Balashev, R.A. Dulnev and others; under the editorship of I.A. Birger and B.F. Balashev. [Structural strength of gas turbine materials and details] Moscow: Mashinostroenie, 1981. 222 p.
2. Mashiny i pribory dlja programmnyh ispytaniy na ustalost. Pod red. M.Je. Garfa. Kiev: Naukova dumka, 1970. 193 p.
3. Nikhamkin M.S., Voronov L.V., Konev I.P., Semenova I.V., Plotnikov Yu.I., Saraeva L.V. Snizhenie ustalostnoy prochnosti lopatoc kompressora pri povrejdennii postoronnimi predmetami. [Fatigue strength loss of compressor blades under foreign object damage.] *Aviacionnaya promislennost* [Aviation industry], 2008. no. 1. pp. 21–24.
4. Petuhov A.N. Soprotivlenie ustalosti detaley GTD. [Fatigue resistance of details] Moscow: Mashinostroenie, 1993. 240 p.
5. Nikhamkin M.S., Voronov L.V., Semenova I.V. Foreign object damage and fatigue strength loss in compressor blades. Proceedings of the ASME Turbo Expo 2008. Berlin, 2008. pp. 245–251.

Рецензенты:

Нихамкин М.Ш., д.т.н., профессор кафедры «Авиационные двигатели», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь;

Колмогоров Г.Л., д.т.н., профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь.

УДК 621.798.3

ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСНЫМ ДВИЖЕНИЕМ МАНИПУЛЯТОРА

Лазуткина Н.А.

*Муromский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет
им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»,
Муrom, e-mail: center@mivlgu.ru*

В работе рассмотрена техническая реализация управления переносным движением манипулятора для изготовления упаковки с различным профилем поперечного сечения. В качестве приводов переносного движения манипулятора предложено использовать систему двух гидроцилиндров, установленных на раме. Питание цилиндров и осуществляется от насосов регулируемой производительности. При этом образуется замкнутая гидрообъемная передача «насос – гидроцилиндр», закон изменения производительности которой задается с помощью профильного устройства системы программного управления. Для реализации требуемых законов переносного движения манипулятора, определенных ранее, выведены уравнения движения штоков левого и правого гидроцилиндров. Кроме уравнений движения штоков гидроцилиндров в работе определен расход жидкости, поступающей в гидроцилиндры. Результаты исследований по выводу законов управления переносным движением могут быть использованы при разработке технико-экономического обоснования на создание манипулятора с пространственно-планетарной роликовой головкой для изготовления упаковки различного профиля поперечного сечения.

Ключевые слова: манипулятор, пространственно-планетарная роликовая головка, принципиальная гидравлическая схема, управление переносным движением

TECHNICAL IMPLEMENTATION OF THE PORTABLE CONTROL MOVEMENT OF THE MANIPULATOR

Lazutkina N.A.

Murom Institute of Vladimir State University, Murom, e-mail: center@mivlgu.ru

The paper considers the technical implementation of portable control movement of the manipulator for the manufacture of packaging with different profile cross-section. The drives of the portable motion of the manipulator is proposed to use a system of two hydraulic cylinders mounted on the frame. The power is supplied from cylinders and pumps of adjustable capacity. This forms a closed-loop hydrostatic transmission «pump-hydraulic cylinder», the law changes the performance which is set with the profile device program control system. For implementation of the required laws of motion of the handheld manipulator, previously defined, equations of motion of the left and right rods of hydraulic cylinders. In addition to the equations of motion of rods of hydraulic cylinders to define fluid flow entering the cylinders. The results of studies on the output control portable motion can be used in the development of a feasibility study on the establishment of a manipulator with spatial planetary roller head for packaging of different cross-sectional profile.

Keywords: manipulator, spatial planetary roller head, hydraulic schematic diagram, control portable traffic

В разработанной принципиальной гидравлической схеме управления переносным движением манипулятора в качестве силовых гидроцилиндров используются гидроцилиндры Ц1 и Ц2, штоки которых соединены с осью манипулятора (рис. 1). Питание цилиндров Ц1 и Ц2 осуществляется от насосов регулируемой производительности Н4 и Н5. При этом образуется замкнутая гидрообъемная передача «насос – гидроцилиндр», закон изменения производительности которой задается с помощью профильного устройства системы программного управления.

Управление переносным движением манипулятора

Механизм управления МУ1 представляет собой следящий золотник, гильза ко-

торого кинематически жестко связана с гидроцилиндром-приемником Ц8, золотник кинематически связан с задающим устройством-копиром (рис. 2). С другой стороны, сам следящий золотник гидравлически связан с насосом управления Н1 и регулятором скорости РС1, управляющим производительностью насоса Н4. Механизм управления МУ1, суммируя полученные перемещения со стороны гидроцилиндра Ц8 и задающего устройства-копира, подает рабочую жидкость от насоса Н1 в поршневую или штоковую полость гидроцилиндра – регулятора скорости РС-1.

Механизм управления производительностью насоса Н4 состоит из гидроцилиндра с неподвижным двухсторонним штоком, причем диаметры штоков разные, а корпус механически жестко связан с люлькой

насоса Н4. Гидроцилиндр с двухсторонним штоком питается от насоса Н2 через следящий золотник, гильза которого кинематически жестко связана с гидроцилиндром, а шток – с регулятором скорости РС-1. Перемещение со стороны регулятора скорости РС-1 преобразуется в угол поворота люльки насоса Н4, который приводит к изменению производительности основного приводного насоса Н4 замкнутой гидрообъемной передачи «насос – цилиндр». Подпитка этой си-

стемы осуществляется от насоса Н2 через подпиточные клапаны КО5 и КО6.

При работе всех насосов гидросистемы исполнительного органа основные приводные насосы Н4 и Н5 в исходном положении имеют нулевую производительность (люлька насоса находится в нейтральном положении). Для начала работы гидроцилиндров перемещения исполнительного органа Ц1 и Ц2 приводится в действие задающее устройство – копир.

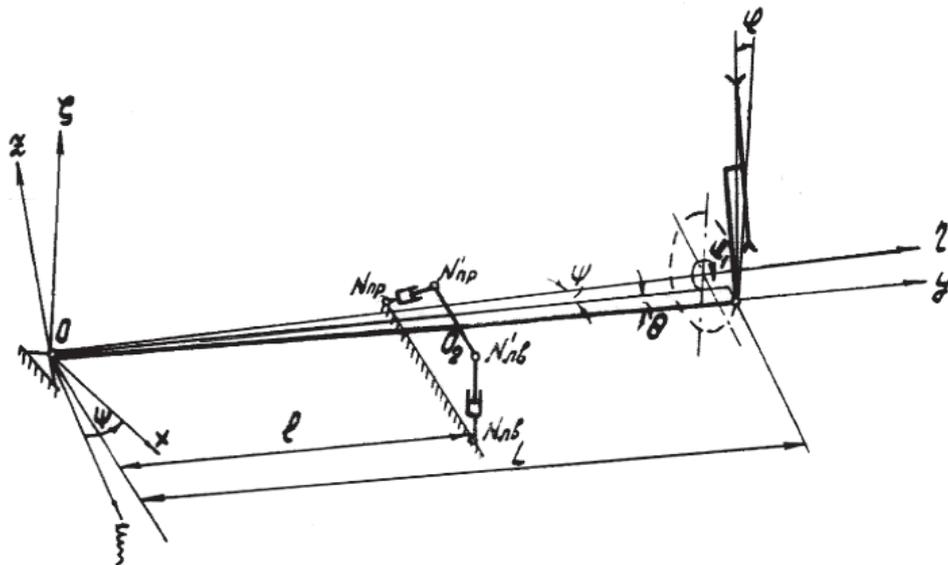


Рис. 1

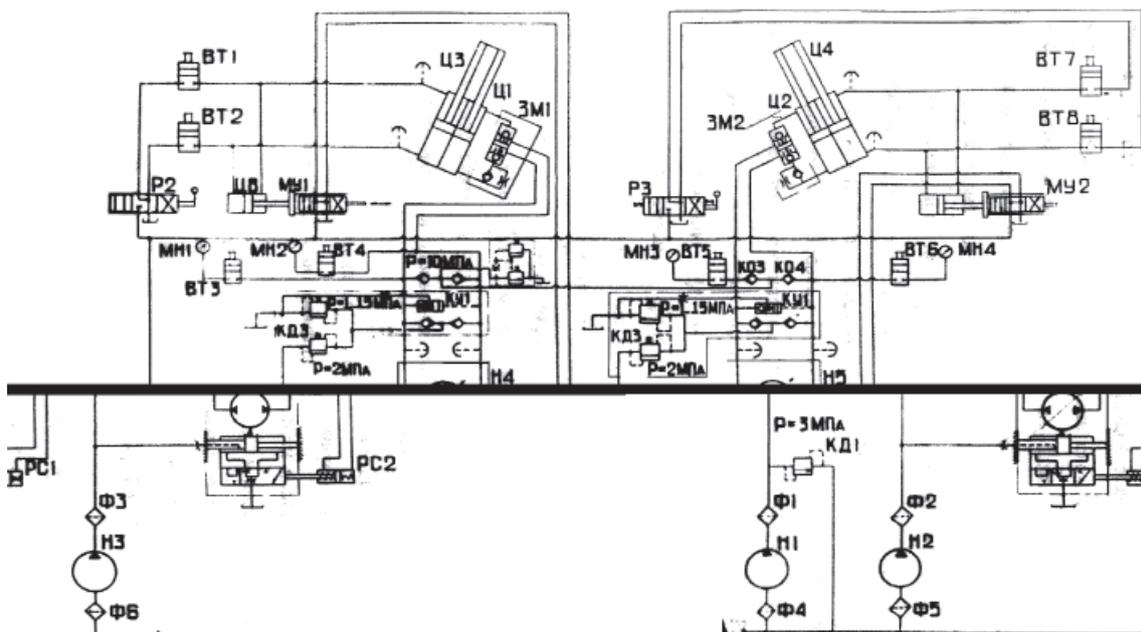


Рис. 2. Принципиальная гидравлическая схема

При перемещении золотника механизма управления МУ1 от копира, например, влево (по чертежу происходит подача рабочей жидкости от насоса Н1 через следящий золотник в штоковую полость гидроцилиндра РС1 и этим самым следящий золотник насоса Н4 переместится вправо (по чертежу)). Это приводит к тому, что рабочая жидкость от насоса Н2 поступает в обе полости гидроцилиндра РС1 и, поскольку диаметры штоков гидроцилиндра не равны, то происходит перемещение корпуса гидроцилиндра тоже вправо (по чертежу) и изменение производительности насоса Н4.

Рабочая жидкость от насоса Н4, например, поступает через гидрозамок и обратный клапан в поршневую полость гидроцилиндра Ц1, а из штоковой полости через гидрозамок в насос Н4. Разница расходов рабочей жидкости в поршневой и штоковой полостях гидроцилиндра Ц1 восполняется от насоса Н2 через подпиточный клапан КО6.

Гидроцилиндр-датчик Ц3 перемещается вместе с гидроцилиндром Ц1, подает рабочую жидкость из своей штоковой полости в штоковую полость гидроцилиндра Ц8 и последний, перемещаясь влево (по чертежу), перемещает гильзу золотника также влево (как и золотник от копира). В дальнейшем, если не будет задающего перемещения золотнику со стороны копира, то происходит установка гильзы и золотника в нейтральное положение (показанное на чертеже), и этим самым гидроцилиндр РС1 насоса Н4 становится в нейтральное положение и расход насоса Н4 становится нулевым. Аналогично работает система гидрообъемной передачи «насос Н5 – гидроцилиндр Ц2».

Уравнения движения штоков гидроцилиндров

Для вывода уравнений движения штоков гидроцилиндров необходимо определить закон движения точки O_2 (точка пересечения оси манипулятора и линии, соединяющей штоки гидроцилиндров. Рассмотрим сечение упаковки, профиль которого формируется при вращении конца оси манипулятора в соответствии с уравнением $\varphi_1 = -3\varphi$. Ранее были выведены уравнения движения конца оси манипулятора. Уравне-

ния, определяющие закон движения точки O_2 , будут представлять

$$\begin{cases} \xi_{O_2} = \xi_{O_1} \frac{l}{L} = -l \sin \psi \cos \theta; \\ \eta_{O_2} = \eta_{O_1} \frac{l}{L} = -l \cos \psi \cos \theta; \\ \zeta_{O_2} = \zeta_{O_1} \frac{l}{L} = -l \sin \theta. \end{cases}$$

Выпишем координаты точек $N'_{лв}$, $N'_{пр}$ в системе координат $OXYZ$:

$$XN'_{лв} = l_4; \quad XN'_{пр} = -l_4; \quad YN'_{лв} = l;$$

$$YN'_{пр} = l; \quad ZN'_{лв} = l_2; \quad ZN'_{пр} = l_2.$$

Воспользовавшись матрицей перехода от системы координат $OXYZ$ к системе $O\xi\eta\zeta$

	(ξ)	(η)	(ζ)
(X)	$\cos \psi$	$\sin \psi$	0
(Y)	$-\sin \psi \cos \theta$	$\cos \psi \cos \theta$	$\sin \theta$
(Z)	$\sin \psi \cos \theta$	$-\cos \psi \sin \theta$	$\cos \theta$

определим координаты точек $N'_{лв}$, $N'_{пр}$ в системе $O\xi\eta\zeta$

$$\begin{cases} \xi N'_{лв} = l_4 \cos \psi - l \sin \psi \cos \theta + l_2 \sin \psi \sin \theta; \\ \eta N'_{лв} = l_4 \sin \psi + l \cos \psi \cos \theta - l_2 \cos \psi \sin \theta; \\ \zeta N'_{лв} = l \sin \theta + l_2 \cos \theta. \end{cases}$$

$$\begin{cases} \xi N'_{пр} = -l_4 \cos \psi - l \sin \psi \cos \theta + l_2 \sin \psi \sin \theta; \\ \eta N'_{пр} = -l_4 \sin \psi + l \cos \psi \cos \theta - l_2 \cos \psi \sin \theta; \\ \zeta N'_{пр} = l \sin \theta + l_2 \cos \theta. \end{cases}$$

Заметим, что уравнения представляют собой закон движения точек крепления штоков гидроцилиндров оси манипулятора исполнительного органа.

Теперь воспользовавшись, выпишем координаты точек крепления гидроцилиндров к раме манипулятора $N_{лв}$, $N_{пр}$

$$\xi N_{лв} = l_1 - l; \quad \xi N_{пр} = -l_2;$$

$$\eta N_{лв} = l; \quad \eta N_{пр} = l;$$

$$\zeta N_{лв} = -l_1; \quad \zeta N_{пр} = -l_1.$$

Зная координаты точек $N_{лв}$ и $N'_{лв}$, $N_{пр}$ и $N'_{пр}$, определим суммарную длину штоков и гидроцилиндров:

$$(l_{ц} + l_{шлв})^2 = (\xi N_{лв} - \xi N'_{лв})^2 + (\eta N_{лв} - \eta N'_{лв})^2 + (\zeta N_{лв} - \zeta N'_{лв})^2;$$

$$(l_{ц} + l_{шпр})^2 = (\xi N_{пр} - \xi N'_{пр})^2 + (\eta N_{пр} - \eta N'_{пр})^2 + (\zeta N_{пр} - \zeta N'_{пр})^2.$$

Разрешив это уравнение относительно $l_{шлв}$ и $l_{шпр}$ и используя формулы, найдем уравнения движения штоков гидроцилиндров:

$$l_{шлв} = l_{шлв}(\psi, \theta) = [(l_4 \cos \psi - l \sin \psi \cos \theta + l_2 \sin \psi \sin \theta + l_2 - l_1)^2 + (l_4 \sin \psi + l \cos \psi \cos \theta - l_2 \cos \psi \sin \theta - l)^2 + (l \sin \theta + l_2 \cos \theta + l_1)^2]^{1/2} - l_u;$$

$$l_{шпр} = l_{шпр}(\psi, \theta) = [(-l_4 \cos \psi - l \sin \psi \cos \theta + l_2 \sin \psi \sin \theta + l_2)^2 + (-l_4 \sin \psi + l \cos \psi \cos \theta - l_2 \cos \psi \sin \theta - l)^2 + (l \sin \theta + l_2 \cos \theta + l_1)^2]^{1/2} - l_u.$$

Определение расхода жидкости гидроцилиндров

Расход жидкости гидроцилиндров определим по формуле

$$Q = F_n V,$$

где F_n – рабочая площадь поршня; V – линейная скорость поршня. При прямом ходе поршня (когда $l_{ш}$ увеличивается) $F_n = \frac{\pi D^2}{4}$, при обратном ходе поршня (когда $l_{ш}$ уменьшается)

$$F_n = \pi(D^2 - d^2)/4,$$

где D – диаметр поршня; d – диаметр штока.

Линейная скорость движения поршня равна скорости конца штока гидроцилиндра

$$V = \frac{dl_{ш}}{dt} = \frac{dl_{ш}}{d\varphi} \omega_{в},$$

где $\omega_{в} = \dot{\varphi}$ – угловая скорость вращения оси.

Для определения скорости поршня по формуле следует в формулах перейти от зависимости $l_{шлв}(\psi, \theta)$, $l_{шпр}(\psi, \theta)$ к зависимостям $l_{шлв}$ и $l_{шпр}$ от угла поворота оси манипулятора.

Ранее были получены формулы, выражающие зависимость углов ψ и θ от угла поворота оси манипулятора:

$$\sin \psi = -\frac{r \sin 3\varphi}{L \cos \theta}; \quad \sin \theta = -\frac{r \cos 3\varphi}{L}.$$

В формулах преобразуем выражения, стоящие под корнем, в результате получим

$$l_{шлв} = \{2l^2 + (l_1 - l_2)^2 + l_4^2 + l_1^2 + l_2^2 + 2l_1(l_2 \cos \theta + l \sin \theta) + 2(l_2 \sin \theta + l \cos \theta)[l \cos \psi - (l_1 - l_2) \sin \psi] - 2l_4[l \sin \psi + (l_1 - l_2) \cos \psi]\}^{1/2} - l_u;$$

$$l_{шпр} = \{2l^2 + l_2^2 + l_4^2 + l_1^2 + l_2^2 + 2l_1(l_2 \cos \theta + l \sin \theta) + 2(l_2 \sin \theta - l \cos \theta)[l \cos \psi + l_2 \sin \psi] - 2l_4[l \sin \psi - l_2 \cos \psi]\}^{1/2} - l_u.$$

В формулы подставим значения $\sin \psi$, $\sin \theta$, определяемые по формуле, и $\cos \psi$, $\cos \theta$, определяемые по формуле

$$\cos \psi = (1 - \sin^2 \psi)^{1/2} \cdot b \cdot \cos \theta = (1 - \sin^2 \theta)^{1/2}.$$

Выполнив необходимые преобразования, получим

$$l_{шлв} = \left\{ 2l^2 + (l_1 - l_2)^2 + l_4^2 + l_1^2 + l_2^2 - 2\frac{l^2}{L}\sqrt{L^2 - r^2} - 2\frac{l_2}{L}(l_1 - l_2) \sin 3\varphi - 2\frac{l_1 l r}{L} \cos 3\varphi + 2\frac{l_1 l_2}{L}\sqrt{L^2 - r^2} \cos^2 3\varphi + \frac{2}{\sqrt{L^2 - r^2} \cos^2 3\varphi} [l_4(l_1 - l_2)\sqrt{L^2 - r^2} + l_4 l r \sin 3\varphi - \frac{l_2 r l}{L}\sqrt{L^2 - r^2} \cos 3\varphi - \frac{l_2 r_2}{L}(l_1 - l_2) \sin 3\varphi \cos 3\varphi] \right\}^{1/2} - l_u;$$

$$l_{шпр} = \left\{ 2l^2 + l_2^2 + l_4^2 + l_1^2 + l_2^2 - 2\frac{l^2}{L}\sqrt{L^2 - r^2} - 2\frac{l_2}{L} \left(l_2 \sin 3\varphi - 2\frac{l_1 l r}{L} \cos 3\varphi + 2\frac{l_1 l_2}{L}\sqrt{L^2 - r^2} \cos^2 3\varphi + \frac{2}{\sqrt{L^2 - r^2} \cos^2 3\varphi} [l_4(l_1 - l_2)\sqrt{L^2 - r^2} + l_4 l_2 \sin 3\varphi - \frac{l_2 r l}{L}\sqrt{L^2 - r^2} \cos 3\varphi - \frac{l_2 r_2}{L} l_2 \sin 3\varphi \cos 3\varphi] \right) \right\}^{1/2} - l_u.$$

С помощью полученных формул можно определить расход жидкости гидродолициров.

Вывод

Результаты исследований по выводу законов управления переносным движением могут быть использованы при разработке технико-экономического обоснования на создание манипулятора с пространственно-планетарной роликовой головкой для изготовления упаковки различного профиля поперечного сечения.

Список литературы

1. Аксёнова Т.И., Ананьев Т.В., Дворецкая Н.М. и др.; под ред. Розанцева Э.Г. Технология упаковочного производства: учебник для вузов. – М.: Колос, 2002. – 184 с.
2. Варепо Л.Г. Производство упаковки из бумаги, картона и гофрокартона: уч. пособие. – Омск: Изд-во ОГТУ, 2002. – 198 с.
3. Ефремов Н.Ф., Васильев А.И., Хмелевский Г.К. Проектирование упаковочных производств. Часть 1: учебное пособие. – М.: МГУП, 2004 – 396с.
4. Ефремов Н.Ф., Грогов А.С., Ефремов Д.Н., Сизов Е.В., Фирсова В.Ю., Кононюк Т.М. Автоматизированное проектирование упаковки: учебное пособие. – М.: МГУП, 2005
5. Ефремов Н.Ф., Лемешко Т.В., Чуркин А.В. Конструирование и дизайн тары и упаковки: учебник для вузов. – М.: МГУП, 2004. – 242 с.
6. Лазуткина Н.А. Управление переносным движением манипулятора с пространственно планетарной роликовой головкой для изготовления упаковки с различным профилем поперечного сечения // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5.
7. Лазуткина Н.А. Расчетно-оптимизационная подсистема проектирования манипулятора с пространственно планетарной роликовой головкой // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 4.
8. Стюарт Б. Упаковка как инструмент эффективного маркетинга: учебное пособие; пер. с англ. В.В. Грачёва. – М.: МГУП, 1999. – 144 с.

References

1. Aksjonova T.I., Ananjev T.V., Dvoreckaja N.M. i dr.; pod red. Rozanceva Je.G. Tehnologija upakovocnogo proizvodstva: Uchebnik dlja vuzov. M.: Kolos, 2002. 184 p.
2. Varepo L.G. Proizvodstvo upakovki iz bumagi, kartona i gofrokartona: Uch. Posobie. Omsk: Izd-vo OGTU, 2002. 198 p.
3. Efremov N.F., Vasilev A.I., Hmelevskij G.K. Proektirovanie upakovocnyh proizvodstv. Chast 1: Uchebnoe posobie. M.:MGUP, 2004 396 p.
4. Efremov N.F., Grogov A.S., Efremov D.N., Sizov E.V., Firsova V.Ju., Kononjuk T.M. Avtomatizirovannoe proektirovanie upakovki: Uchebnoe posobie. M.: MGUP, 2005.
5. Efremov N.F., Lemeshko T.V., Churkin A.V. Konstruirovaniye i dizajn tary i upakovki: Uchebnik dlja vuzov. M.: MGUP, 2004. 242 p.
6. Lazutkina N.A. Upravlenie perenosnym dvizheniem manipulyatora s prostranstvenno planetarnoj rolkovoj golovkoj dlja izgotovleniya upakovki s razlichnym profilem poperechnogo secheniya. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija, no. 5, 2014.
7. Lazutkina N.A. Raschetno-optimizacionnaja podsystema proektirovanija manipulyatora s prostranstvenno planetarnoj rolkovoj golovkoj. Mashinostroenie i bezopasnost zhiznedejatel'nosti, no. 4, 2014.
8. Stjuart B.; Per. s angl. Grachjova V.V. Upakovka kak instrument jeffektivnogo marketinga: Uchebnoe posobie. M.: MGUP, 1999. 144 p.

Рецензенты:

Жизняков А.Л., д.т.н., профессор, первый зам. директора, зав. кафедрой систем автоматизированного проектирования, Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром;
 Андрианов Д.Е., д.т.н., профессор, зам. директора по учебной работе, зав. кафедрой информационных систем, Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром.

УДК 62-503.57

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЗАЮЩЕГО ТРЕХЗВЕННОГО РОБОТА

Локтионова О.Г., Мальчиков А.В., Яцун А.С.

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, e-mail: teormeh@inbox.ru

Актуальными являются исследования альтернативных принципов движения мобильных роботов, в том числе способов используемых различными животными, например змееподобные и червеподобные походки. В настоящей работе рассматривается способ передвижения трехзвенного робота, имитирующего движение змеи. Изменяемая геометрия корпуса, а также управляемые эффекты взаимодействия робота с поверхностью дают неоспоримые преимущества при движении по неровной и вязкой поверхности. Данные свойства позволяют роботу перемещаться в замкнутых пространствах завалов, трубопроводов, технологических полостях, что открывает большие возможности использования подобного рода аппаратов для поисковых и диагностических задач. В работе приводится описание конструкции трехзвенного робота. Представлено описание математической модели робота, позволяющее исследовать динамические эффекты, возникающие в процессе движения устройства при различных режимах и внешних условиях функционирования. В статье раскрыт принцип движения робототехнических устройств, в основе которого лежит создание управляемых сил трения в точках контакта устройства с поверхностью. Приведены результаты численного моделирования системы, а также анализ полученных результатов, устанавливающих зависимость средней скорости движения устройства от различных параметров системы.

Ключевые слова: ползающий робот, математическая модель движения робота, управляемые силы трения

MATHEMATICAL MODELING OF CRAWLING THREE-LINK ROBOT

Loktionova O.G., Malchikov A.V., Yatsun A.S.

Federal State Educational Institution of Higher Education Southwestern State University, Kursk, e-mail: teormeh@inbox.ru

Study of alternative principles of mobile robots movement, including methods used by various animals such as snake-like and worm-like gaits, is very important. In the paper, the movement method of three-link snake-like robot was presented. Variable geometry of the robot body provide many advantages moving over uneven and viscous surfaces. These properties allow the robot to move in confined spaces of pipes and technological cavities, that provide great possibilities to use this kind of devices for search and diagnostic tasks. In paper the robot design was described. The authors describe a mathematical model of the robot that allows to investigate the dynamic effects occurring during the robot movement in different modes of operation and environmental conditions. The principle of robot motion based on the creation of controlled frictional forces at the points of robot contact with the surface, was present. The article contains the results of numerical modeling of the system, as well as analysis of the results which establish the dependence of the robot average velocity on various parameters of the system.

Keywords: crawling robot, mathematical model of the robot, controlled frictional force

Одним из путей, позволяющих создать высокоэффективные устройства является копирование движения природных объектов. Особый интерес представляет создание роботов, имитирующих движение змей.

Вопросами проектирования таких устройств занимаются многие ученые, результаты исследования которых отражены в работах [1–5]. В настоящей статье рассма-

тривается робот с возможностью движения за счет создания управляемых сил трения.

Описание робота

Трехзвенный ползающий робот представляет собой три звена 1, 2, 3 соединенных посредством шарниров 4, оснащенных поворотными сервоприводами.

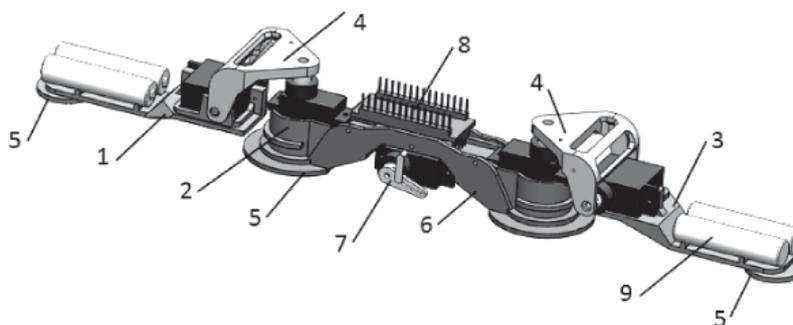


Рис. 1. Ползающий трехзвенный робот

Шарнир 4 позволяет осуществлять смещение боковых звеньев как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости, что обеспечивает изменение конфигурации корпуса устройства в зависимости от используемого режима перемещения.

Подъем и опускание боковых звеньев позволяет скомпенсировать неровность поверхности. Смещения звеньев в горизонтальной плоскости позволяют реализовывать продольные, поперечные, а также смешанные походки.

На каждом звене установлены фрикционные опоры 5, посредством которых робот взаимодействует с поверхностью. Центральное звено 2 оснащено системой управления величиной силы трения. Изменение силы трения осуществляется путем введения в контактирующую зону дополнительной опорной поверхности 6 с фрикционным покрытием, обеспечивающим более высокую силу трения робота с поверхностью. Робот имеет плату управления 8, закрепленную на корпусе, а также элементы питания 9, обеспечивающие автономную работу устройства. Механизм изменения типа опорной поверхности 7 показан на рис. 2.

Охуз. Для описания кинематики и динамики объекта с точками O_i , $i = 1-3$ звеньев связаны относительные системы координат $O_i x_i y_i z_i$, повернутые на углы φ_i относительно оси Oz , и $O_i' x_i' y_i' z_i'$, повернутые на углы θ_i относительно осей $O y_i$. Положительные направления углов отсчитываются против часовой стрелки от осей Ox и $O x_i'$ соответственно. Будем считать, что движение робота происходит по горизонтальной шероховатой поверхности.

В работе рассматривается такое движение устройства, при котором опорные элементы звена 2 всегда взаимодействуют с поверхностью. Это приводит к тому, что системы координат $O_2 x_2 y_2 z_2$ и $O_2' x_2' y_2' z_2'$ совпадают. Звенья 1 и 3 могут находиться на поверхности и контактировать с ней, а могут быть подняты относительно плоскости Oxy .

Движение робота по поверхности происходит за счет моментов M_{1z} , M_{3z} , обеспечивающих поворот звеньев 1 и 3 относительно звена 2 в горизонтальной плоскости, и моментов M_{1y} , M_{3y} , посредством которых указанные звенья вращаются в вертикальной плоскости, а также за счет сил трения, возникающих при взаимодействии опор с поверхностью.

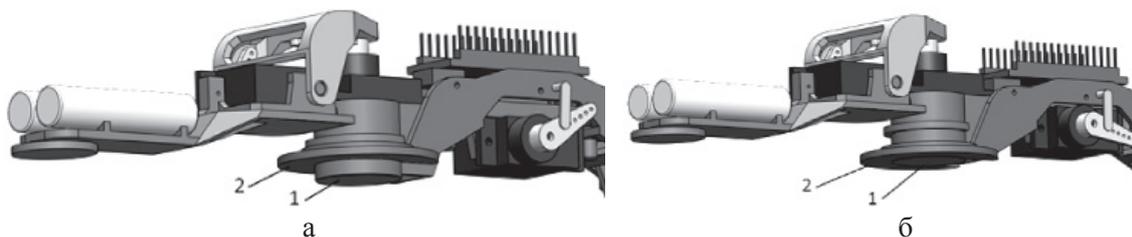


Рис. 2. Опора центрального звена:

а – контакт с поверхностью осуществляется стационарной опорой 1;
б – контакт осуществляется дополнительной опорной поверхностью 2

Математическая модель трехзвенного робота

Для разработки математической модели рассмотрим расчетную схему, показанную на рис. 3. Положим, что каждое звено робота $i = 1-3$ является абсолютно твердым стержнем $O_i O_{i+1}$ длиной l_i и массой m_i , центр масс которого совпадает с центром симметрии C_i . На данном этапе исследований будем считать, что шарниры, обеспечивающие вращение звеньев в горизонтальной и вертикальной плоскостях, конструктивно располагаются на небольших расстояниях друг от друга, поэтому на расчетной схеме робота они совмещаются и располагаются в точках O_2 и O_3 .

Движение устройства происходит в неподвижной абсолютной системе координат

Контакт робота с поверхностью осуществляется в точках O_i , $i = 1-4$, являющихся крайними точками звеньев. При этом возникают силы трения F_{fri} направленные противоположно векторам скоростей указанных точек и описываемые моделью сухого трения.

$$F_{fri} = \begin{cases} -fN_i \operatorname{sgn}(v_{O_i}), & \text{если } v_{O_i} \neq 0; \\ -F_{0i}, & \text{если } v_{O_i} = 0, |F_{0i}| \leq fN_i; \\ -fN_i \operatorname{sgn}(F_{0i}), & \text{если } v_{O_i} = 0, |F_{0i}| > fN_i, \end{cases}$$

где F_{0i} – горизонтальная проекция равнодействующей всех сил, кроме силы сухого трения, приложенных к точке контакта; f – коэффициент трения скольжения; N_i – нормальная реакция в точке O_i ; v_{O_i} – скорость точки O_i [6–8].

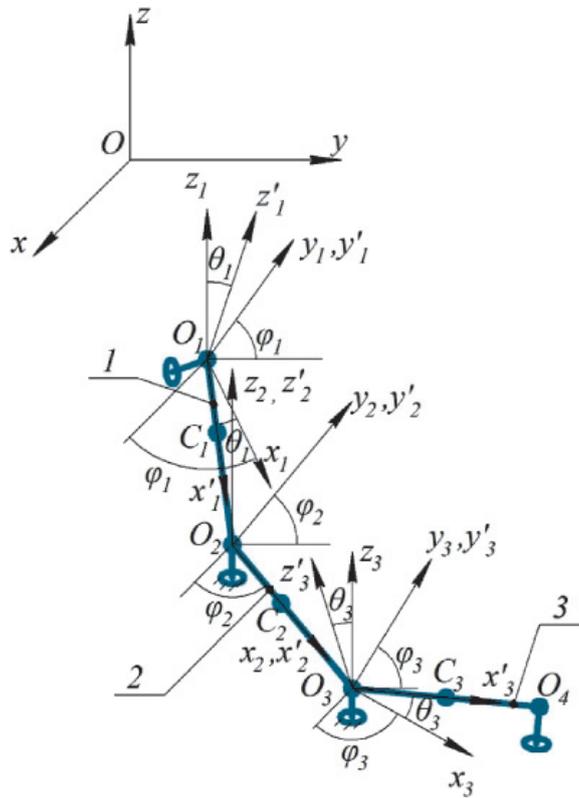


Рис. 3. Расчетная схема робота

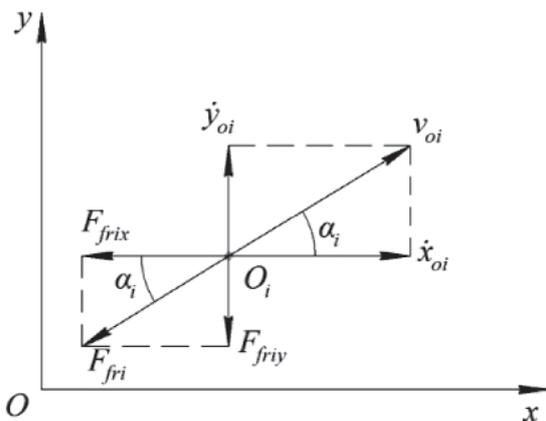


Рис. 4. Схема приложения сил трения в контактных точках

Нормальные реакции в опорных точках при взаимодействии четырех контактных элементов с поверхностью равны

$$N_1 = \frac{m_1 g}{2}; \quad N_2 = \frac{(m_1 + m_2) g}{2};$$

$$N_3 = \frac{(m_2 + m_3) g}{2};$$

$$N_4 = \frac{m_3 g}{2}.$$

При двух опорах имеем

$$N_2 = \left(m_1 + \frac{m_2}{2}\right) g; \quad N_3 = \left(\frac{m_2}{2} + m_3\right) g.$$

Проекции силы трения на оси O_x и O_y абсолютной системы координат определяются по формулам

$$F_{frix} = F_{fri} \cos \alpha_i; \quad F_{friy} = F_{fri} \sin \alpha_i,$$

где $\alpha_i = \left(\arcsin \frac{\dot{y}_{oi}}{v_{oi}} \right) / \left(\arccos \frac{\dot{x}_{oi}}{v_{oi}} \right)$; \dot{x}_{oi} , \dot{y}_{oi} –

проекции скорости точки O_i на оси O_x и O_y.

Коэффициент трения между опорой и поверхностью является управляемой величиной и обусловлен изменением фрикционных свойств опорных элементов за счет использования различных материалов. В работе рассматривается один из возможных вариантов перемещения робота – змееподобное движение – при котором отрыва опорных элементов звеньев 1 и 3 от поверхности не происходит. Это позволяет от пространственной задачи перейти к плоской и рассмотреть движение устройства по горизонтальной шероховатой поверхности, совпадающей с плоскостью Oxy. Движение

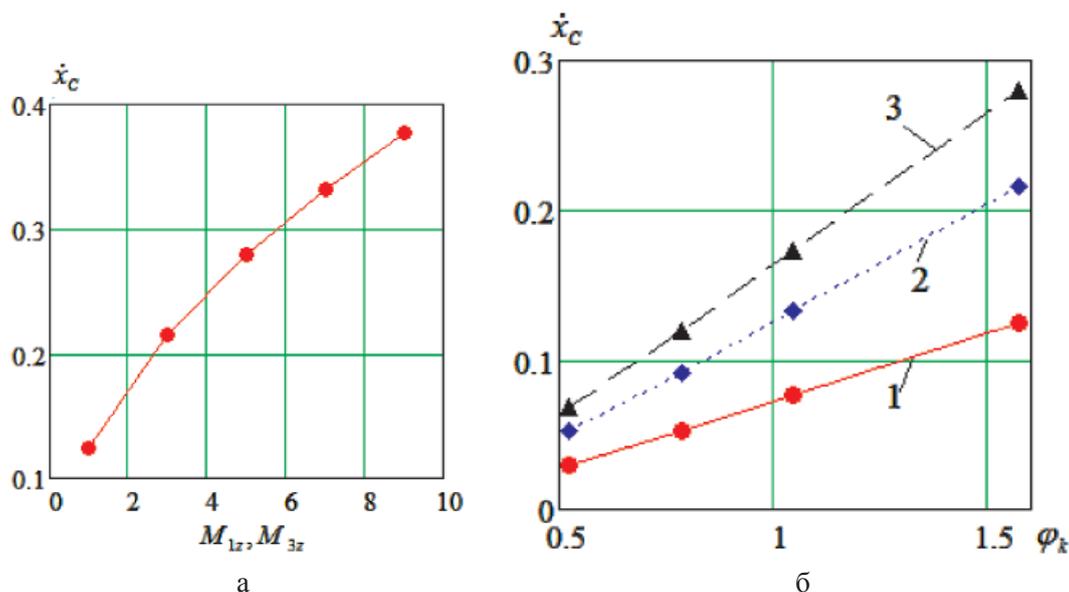


Рис. 5. График зависимостей:

$a - \dot{x}_c(M_{1z}, M_{3z})$ при $\varphi_k = \pi/2$;

$b - \dot{x}_c(\varphi_k)$ при $M_{1z} = M_{3z} = 1$ Нм; 2 - $M_{1z} = M_{3z} = 3$ Нм; 3 - $M_{1z} = M_{3z} = 1$ Нм

устройства представлено в виде последовательности пяти этапов, на каждом из них поведение объекта описывается своими дифференциальными уравнениями с учетом накладываемых связей.

Для обобщения результатов моделирования на рис. 5 представлены графики средней скорости \dot{x}_c перемещения робота вдоль оси Ox от значений угла φ_k и моментов, создаваемых приводами. Средняя скорость вычисляется как отношение расстояния, пройденного центром масс объекта за один цикл (пять этапов), ко времени цикла.

На рис. 5, б видно, что с увеличением значений угла φ_k средняя скорость движения робота возрастает по пропорциональному закону, причем коэффициент пропорциональности растет по мере роста φ_k .

График, представленный на рис. 5, б, позволяет сделать вывод о том, что средняя скорость устройства почти пропорциональна моментам приводов, обеспечивающих относительное движение звеньев.

Выводы

В статье предложена конструкция робота, имитирующего движение змеи, отличительной особенностью которого является управляемое трение в точках контакта робота с поверхностью. Разработана математическая модель движения робота, позволяющая рассчитать мгновенные значения скоростей точек звеньев робота, а также величину средней скорости робота в зависимости от величины управляющих момен-

тов. Установлено, что скорость практически пропорционально зависит от максимального угла поворота звеньев механизма и величины управляющих моментов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № № 13-08-00795 а.

Список литературы

1. Черноусько Ф.Л. Движение многозвенника по горизонтальной плоскости // Прикладная математика и механика. – 2000. – Вып. 1. – С. 8–18.
2. Черноусько Ф.Л. О движении трехзвенника по плоскости // Прикладная математика и механика. – 2001. – Т. 65. – Вып. 1. – С. 15–20.
3. Мальчиков А.В. Исследование движения плоского шестизвенного внутритрубного мобильного робота / А.В. Мальчиков, С.Ф. Яцун, С.Б. Рублев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара, 2012. – № 4 (5). – С. 1263–1265.
4. Сорокин К.С. Управление перемещением трехзвенника на плоскости с трением // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2009. – № 3. – С. 165–176.
5. Фигурин Т.Ю. Управляемые квазистатические движения двузвенника по горизонтальной плоскости // Изв. РАН. ТисУ. – 2004. – № 3. – С. 160–176.
6. Локтионова О.Г. Моделирование движения трехзвенного робота с управляемыми силами трения по абсолютно гладкой горизонтальной поверхности / Яцун С.Ф. Рублев С.Б. Волкова Л.Ю., Наумов Г.С. // КубГАУ. – № 91(07). – С. 1–11.
7. Яцун С.Ф. Трехзвенный ползающий робот как средство передвижения / С.Ф. Яцун, Л.Ю. Волкова, С.Б. Рублев, Г.С. Наумов // Межд. конф. прогресс транспортных средств и систем. – 2013. – С. 293–294.
8. Яцун С.Ф. Автоматизированный мобильный комплекс для диагностики трубопроводов переменного диаметра / С.Ф. Яцун, А.В. Мальчиков // Автоматизация и современные технологии. – М., 2012. – № 12. – С. 3–8.

References

1. Chernousko F.L. *Dvizhenie mnogozvennika po gorizontальной ploskosti* (Movement of multilink robots on the plane) // Journal of Applied Mathematics and Mechanics Russian Academy of Sciences, 2000. Vol. 64, no. 1. pp. 8–18.

2. Chernousko F.L. *O dvizhenii trekhzvennika po ploskosti* (About movement three-link mechanism on the plane) // Journal of Applied Mathematics and Mechanics Russian Academy of Sciences. 2001. Vol. 65, no. 1. pp. 15–20.

3. Malchikov A.V. *Issledovanie dvizheniya ploskogo shestizvennogo vnutritrubnogo mobilnogo robota* (Investigation of movements of six-link planar in-pipe crawling robot) / A.V. Malchikov, S.F. Jatun, S.B. Rublev // The international database SCOPUS – the project for Izvestiya of Samara scientific centre of the russian academy of sciences. Samara, 2012, no. 4 (5). pp. 1263–1265.

4. Sorokin K.S. *Upravlenie peremeshcheniem trekhzvennika na ploskosti s treniem* (Motion control of multilink robot on a plane with friction) // RAS report. Theory and control systems 2009. no. 3. pp. 165–176.

5. Figurina T.YU. *Upravlyaemye kvazistaticheskie dvizheniya dvuzvennika po gorizontальной ploskosti* (Controlled quasi-static motion of two-link robot on a horizontal plane) // RAS report. Theory and control systems. 2004. no. 3. pp. 160–176.

6. Loktionova O.G. *Modelirovanie dvizheniya trekhzvennogo robota s upravlyaemymi silami treniya po absolutno gladkoj gorizontальной poverhnosti* (Simulation of motion three-link robot with controllable forces of friction completely smooth horizontal surface) / Jatsun S.F. Rublev S.B. Volkova L.Yu. Naumov G.S. // KubGAU, no. 91 (07), pp. 1–11.

7. Jatsun S.F. *Trekhzvennyj polzayushchij robot kak sredstvo peredvizheniya* / Jatsun S.F., Volkova L.Yu., Rublyov S.B., Naumov G.S. // International Conference Progress of vehicles and systems. 2009. 2013. pp. 293–294.

8. Jatsun S.F. *Avtomatizirovannyj mobilnyj kompleks dlya diagnostiki truboprovodov peremennogo diametra* (The automated mobile complex for diagnostics of pipelines of varying diameter) / S.F. Jatsun, A.V. Malchikov // Automation and modern technology. M., 2012. no. 12. pp. 3–8.

Рецензенты:

Кобелев Н.С., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск;

Шевякин В.Н., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск.

УДК 004.7

УЧЕБНЫЙ ПРОЕКТ КАК ОДНА ИЗ ФОРМ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КИБЕРЭКСТРЕМИЗМУ СРЕДИ ШКОЛЬНИКОВ

Мовчан И.Н., Чернова Е.В., Чусавитина Г.Н.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: inmovchan@mail.ru, hellenachernova@mail.ru

Настоящая статья посвящена проблеме подготовки будущих учителей информатики к профилактике киберэкстремизма среди школьников. Киберэкстремизм является одной из наиболее сложных социально-политических проблем современного российского общества, а его предотвращение – одной из важнейших задач российского государства. Среди основных причин появления экстремизма в молодежной среде можно выделить неопределенность положения некоторых молодых людей и их неустановившиеся взгляды на происходящее вокруг них, низкий уровень самоуважения, проявление игнорирования прав их личности, низкий уровень культуры, в том числе информационной. Одним из путей решения данной проблемы является подготовка будущих учителей информатики к профилактике киберэкстремизма среди школьников. В статье описан опыт проведения учебного проекта с целью обеспечения информационной безопасности и противодействия киберэкстремизму подростков в сети Интернет. Разработанный учебный проект «Этические аспекты поведения в сети Интернет» направлен на изучение основных норм этического поведения в виртуальном пространстве и является основным средством обучения старшеклассников основам сетевого этикета. Данный проект может быть использован в обучении старшеклассников для восполнения пробелов в знании этических и правовых аспектов информационной деятельности в качестве внеклассного мероприятия или при использовании резервных часов.

Ключевые слова: интернет, информационная безопасность, киберэкстремизм, сетевой этикет, учебный проект

EDUCATIONAL PROJECT AS A FORM TO COUNTER CYBER EXTREMISM AMONG SCHOOLCHILDREN

Movchan I.N., Chernova E.V., Chusavitina G.N.

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk,
e-mail: inmovchan@mail.ru, hellenachernova@mail.ru

This article is devoted to the training of future teachers of computer science to prevention kiberekstremizma among schoolchildren. Kiberekstremizm is one of the most difficult social and political problems of the modern Russian society and its prevention – one of the most important tasks of the Russian state. Among the main causes of extremism among young people can be identified uncertainty in the position of some young people and their views on the transient happening around them, low self-esteem, a manifestation of ignoring the rights of the individual low level of culture, including the information. One solution to this problem is the preparation of the future teachers of computer science to prevention kiberekstremizma among schoolchildren. The article describes the experience of the training project in order to ensure information security and countering kiberekstremizmu teens on the Internet. Designed training project «Ethical aspects of behavior in the Internet» aims to study the basic norms of ethical behavior in the virtual space, and is the main medium of teaching high school students the basics of netiquette. This project can be used in teaching high school students to fill gaps in the knowledge of ethical and legal aspects of information activities as extra-curricular activities or when using the standby hours.

Keywords: internet, information security, kiberekstremizm, netiquette, training project

Развитие общества на современном этапе характеризуется все возрастающей ролью информационной сферы, которая представляет собой совокупность информации, информационной инфраструктуры, субъектов, осуществляющих сбор, формирование, распространение и использование информации, а также системы регулирования возникающих при этом общественных отношений. Информационная сфера, являясь системообразующим фактором жизни современного общества, активно влияет на состояние информационной, политической, экономической и других составляющих безопасности РФ.

В то же время опасной тенденцией современного общества стало нарастание экс-

тремизма в молодежной среде. По данным МВД России из 302 неформальных молодежных объединений, находящихся на учете органов внутренних дел, 50 представляют наибольшую общественную опасность и до 80% участников этих организаций составляют лица, возраст которых 14–29 лет [1]. Экстремизм является одной из наиболее сложных социально-политических проблем современного российского общества, что связано в первую очередь с многообразием экстремистских проявлений, неоднородным составом организаций экстремистской направленности, которые оказывают дестабилизирующее влияние на социально-политическую обстановку в стране [8].

Среди основных причин появления экстремизма в молодежной среде можно отметить неопределенность положения некоторых молодых людей и их неустановившиеся взгляды на происходящее вокруг них; низкий уровень самоуважения и проявление игнорирования прав их личности; низкий уровень культуры, в том числе информационной; пропаганда нравственной неразборчивости в средствах достижения своих целей.

Наращение экстремизма стало опасной тенденцией в российском обществе, а его предотвращение – одной из важнейших задач российского государства. Среди явлений, представляющих угрозу национальной безопасности страны, особое место занимает молодежный киберэкстремизм. Под киберэкстремизмом мы понимаем новую форму экстремизма, которая использует для достижения своих целей компьютеры и компьютерные сети, а также информационно-коммуникационные технологии.

Рост масштабов проблемы, а также ее отрицательное влияние на подрастающие поколения свидетельствует о том, что она требует выработки конкретных решений по ее исправлению. Одним из путей решения данной проблемы, на наш взгляд, является подготовка будущих учителей информатики к профилактике киберэкстремизма среди школьников. Вопросы готовности учителей и подготовки студентов к профилактике и противодействию идеологии киберэкстремизма среди молодежи рассмотрены в работах Л.Ф. Ганиевой [2, 3], Е.В. Черновой [5, 15], Г.Н. Чусавитиной [17]. Проблемам использования информационных технологий в профилактике киберэкстремизма среди молодежи посвящены работы И.Н. Мовчан [11, 12, 13], В.Н. Макашовой [7, 8], Е.В. Черновой [4], Г.Н. Чусавитиной [16].

На наш взгляд, к проблеме информационной безопасности и противодействию киберэкстремизма среди молодежи должно быть усилено внимание в курсах «Основы математической обработки данных», «Информационные технологии в образовании» и «Методы и средства защиты информации» при подготовке будущих учителей информатики [6, 9, 16].

Одним из способов профилактики и предотвращения киберэкстремизма в молодежной среде является обучение пользователей компьютерных сетей сетевому этикету, при этом целесообразно использовать метод индивидуальных и групповых учебных проектов. Методике проведения учебных проектов следует обучать будущих учителей информатики в курсе «Методика обучения информатике». Рассмотрим

методику использования метода проектов на примере разработанного нами учебного проекта «Этические аспекты поведения в сети Интернет», являющегося основным средством обучения старшеклассников основам сетевого этикета [14].

Проект «Этические аспекты поведения в сети Интернет» направлен на изучение основных норм этического поведения в виртуальном пространстве. В ходе проекта старшеклассники осваивают этические аспекты раздела «Социальная информатика». Результатом проекта является побуждение старшеклассников к адекватному поведению и опознавание ответственности за свое поведение в виртуальном пространстве. Данный проект направлен на самостоятельную работу учащихся и реализуется вне рамок классных часов. Проект рассчитан на 5 часов самостоятельной работы. Занятия проводятся совместно с руководителем проекта. Для самостоятельной работы участникам выдается ряд заданий, результат выполнения которых они должны предоставить на итоговом мероприятии.

В качестве основополагающего вопроса проекта нами был выбран следующий вопрос: Какие правила хорошего тона существуют в сети Интернет? Также перед учащимися были поставлены проблемные вопросы:

1. Какие правила поведения существуют при общении в сети?
2. Какие правила этикета существуют при общении по электронной почте?
3. Каковы особенности сетевого общения?

Решение первого проблемного вопроса участники проекта ищут при выполнении лабораторной работы, в качестве ответа на второй проблемный вопрос участники проекта готовят доклад, поиск ответа на третий проблемный вопрос происходит в ходе проведения семинара.

Подготовка проведения учебного проекта «Этические аспекты поведения в сети Интернет» проходит в несколько этапов. На подготовительном этапе необходимо подготовить задания для самостоятельной работы, вводную презентацию проекта, итоговое задание, необходимые электронные материалы, ссылки на Интернет-ресурсы, материалы для творческой работы; определить временные рамки проекта и способы проверки работ учащихся. Во время основного этапа необходимо познакомить участников с тематикой проекта, с формой отчетности, сроками выполнения заданий и критериями оценивания промежуточной и итоговой работы; провести консультацию по выполнению лабораторной работы, подготовке доклада и листовки; организовать

подготовку семинарского занятия, разделить участников проекта на группы, распределить среди групп вопросы для обсуждения. На заключительном этапе необходимо провести семинар и подвести итоги работы над проектом.

Результатом проведенного учебного проекта является получение старшеклассниками основных знаний по правилам поведения в компьютерных сетях, грамотного оформления электронного письма, формирование мотивов адекватного поведения и чувства ответственности за свои поступки в киберпространстве.

Для грамотного проведения проекта требуется тщательное планирование, так как только на основе продуманного плана возможно эффективное управление и получение нужного результата. Уточним детали и опишем содержательную часть каждого этапа проекта «Этические аспекты поведения в сети Интернет».

На подготовительном этапе проходят организационные моменты и знакомство с темой проекта. С помощью вводной презентации руководитель проекта проверяет начальные знания у участников проекта. Проверка этих знаний проходит в форме дискуссии. Участники проекта делятся на группы по 3–4 человека. За 10–15 минут каждая группа должна ответить на вопрос: «Какие правила хорошего тона существуют в сети Интернет?», подготовить ответы на проблемные вопросы. Главная цель руководителя на этом этапе – заинтересовать участников проекта, научить работать в команде, побуждать учащихся высказывать и аргументировать своё мнение.

На основном этапе внедряется сам проект. На этом этапе проводится лабораторная работа, готовятся доклады и листовка, проходит семинарское занятие. Опишем содержательную часть каждого вида занятия.

Цель лабораторной работы «Общение в сети Интернет» – научить учащихся основным навыкам этического поведения при общении в социальных сетях, на форумах и чат-гоот, в чате онлайн-игр. Во время выполнения лабораторной работы учащиеся должны понять, что за любое свое действие в социальных сервисах они несут ответственность, научиться анализировать различные ситуации, за которые можно понести реальную ответственность. Участникам проекта предлагается проанализировать ряд конкретных ситуаций. Например «За «неадекватный комментарий» увольнение», «Оскорбление в социальной сети», «За экстремистские материалы и комментарии статья». В лабораторной работе должны быть проанализированы все ситуации, сформу-

лированы ответы на все вопросы, сделан вывод по всей работе.

В качестве домашнего задания участники проекта готовят доклад по теме: «Сетевой этикет: грамотное оформление электронного письма» и листовку на тему доклада средствами MS Publisher, в которой отражены основные правила оформления электронного письма. Содержание листовок, используемые фотографии и рисунки должны соответствовать заявленной теме, листовка должна содержать заголовок, лаконичные рекомендации или инструкции.

Цель семинара «Особенности сетевого общения» – выявить ключевые особенности общения в киберпространстве и научить учащихся грамотно применять данные знания на практике. Участники семинара делятся на несколько групп, на усмотрение руководителя проекта. К семинару каждая группа готовит материал на одну из предложенных тем, с последующим обсуждением:

1. Передача настроения (смайл) и выразительности в сообщениях, история возникновения смайлов, их развитие.

2. Используемые аббревиатуры в киберпространстве (например, ИМНО), история их возникновения, наиболее часто используемые аббревиатуры.

3. Транслитерация, история возникновения и развития данного аспекта электронного общения.

4. Моветон. Основные категории моветона (флейм, флуд, спам и т.д.)

На заключительном этапе проекта происходит оценка полученных знаний и приобретенных навыков по данной тематике. Основной формой этого этапа являются эссе. Задачи эссе – научить учащихся формализовать свои мысли и подавать их грамотно в письменном виде, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать опыт соответствующими примерами, аргументировать свою позицию по данной тематике.

Участникам проекта предлагается написать эссе на одну из тем, аргументировав свою позицию примерами из своей жизни, жизни друзей и близких, примерами, найденными в открытых источниках:

1. Экстремизм в сети Интернет: почему пользователи идут на это? Почему не боятся ответственности за размещенные свои радикальные взгляды в открытом доступе.

2. Почему социальные сети не выполняют роли, предложенные разработчиками (открытое общение и знакомство)?

3. Публичные оскорбления: почему пользователи сети часто переходят на личности? Каков, по вашему мнению масштаб проблемы?

4. Нецензурные выражения и угрозы насилия. В чем корень данной проблемы? Кто виноват?

Эссе следует оформить в отдельном текстовом документе. Содержание эссе должно соответствовать тематике, выражения должны быть конкретными и лаконичными, используемые аргументы должны соответствовать изложенной проблеме.

По окончании учебного проекта учащиеся получают знания по правилам поведения в компьютерных сетях, грамотного оформления электронных писем, почувствуют ответственность за свои поступки в киберпространстве, что будет способствовать противодействию киберэкстремизма в молодежной среде.

Мы предлагаем использовать данный учебный проект в обучении старшеклассников для восполнения пробелов в знании этических и правовых аспектов информационной деятельности раздела «Социальная информатика» в качестве внеклассного мероприятия или при использовании резервных часов.

Статья публикуется при поддержке Российского гуманитарного научного фонда в рамках гранта № 13-06-00156 «Подготовка педагогических кадров к профилактике и противодействию идеологии киберэкстремизма среди молодежи».

Список литературы

1. Агдавлетова А.М. Меры профилактики киберэкстремизма среди молодежи // Информационные системы и технологии в образовании, науке и бизнесе (ИСИТ-2014). Материалы Всероссийской молодежной научно-практической школы. – Кемерово, 2014. – С. 13–14.
2. Ганиева Л.Ф. Макашова В.Н., Трутнев А.Ю., Новикова И.Н. Педагогические, психологические и лингвистические аспекты проблемы киберэкстремизма среди молодежи в вузе. ВАК Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12–6. – С. 1289–1293; URL: www.rae.ru/fs/?Section=content&op=show_article&article_id=10005587.
3. Ганиева Л.Ф. Методика проведения цикла воспитательных мероприятий по антипропаганде киберэкстремизма среди молодежи в вузе Информационная безопасность и вопросы профилактики киберэкстремизма среди молодежи (сборник статей) / под ред. Г.Н. Чусавитиной, Е.В. Черновой. – Магнитогорск: МГТУ, 2014. – 189. – С. 57–63.
4. Зеркина Е.В. Методика диагностики и профилактики девиантного поведения школьников в сфере информационно-коммуникативных технологий: учебно-методическое пособие ГОУ ВПО «Магнитогорский гос. ун-т». – Магнитогорск, 2006.
5. Зеркина Е.В., Чусавитина Г.Н. Подготовка будущих учителей к превенции девиантного поведения школьников в сфере информационно-коммуникативных технологий. – Магнитогорск: МаГУ, 2008. – 184 с.
6. Информатика: учебное пособие / Е.Н. Гусева, И.Ю. Ефимова, Р.И. Коробков, К.В. Коробкова, И.Н. Мовчан, Л.А. Савельева. – 3-е изд., стереотип. – М.: Флинта, 2011. – 260 с.
7. Макашова В.Н. Информационные технологии как фактор распространения идей киберэкстремизма в мо-

лодежной среде / В.Н. Макашова, Е.В. Чернова // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2013. – № 9. – С. 328–335.

8. Макашова В.Н. Механизмы противодействия киберэкстремизму и кибертерроризму в системе образования // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1. – С. 2054–2059.

9. Математика и информатика электронный ресурс: учебное пособие (3-е издание, стереотипное) / Е.Н. Гусева, И.Ю. Ефимова, Р.И. Коробков, К.В. Коробкова, Т.В. Ильина, И.Н. Мовчан, Л.А. Савельева – М.: Флинта, 2011.

10. Методические рекомендации по профилактике и противодействию экстремизму в молодежной среде // Наша молодежь. – 2011. – № 6. – С. 40–41.

11. Мовчан И.Н. Инновационные подходы в преподавании информатики в вузе // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 5–2 (37). – С. 45.

12. Мовчан И.Н. Некоторые аспекты информационной подготовки студентов вуза // Сборник научных трудов Sworld. – 2008. – Т.18. – № 1. – С. 34–36.

13. Мовчан И.Н. Проблемы подготовки специалистов в области информационной безопасности // Открытое образование. – 2013. – № 5. – С. 78–80.

14. Мовчан И.Н. Учебный проект «Этические аспекты поведения в сети интернет» как одна из форм противодействия киберэкстремизму в молодежной среде // Информационная безопасность и вопросы профилактики киберэкстремизма среди молодежи: сборник статей / под ред. Г.Н. Чусавитиной, Е.В. Черновой. – Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова; Магнитогорский Дом печати, 2014. – 204 с. – С. 128–133.

15. Чернова Е.В. Компетенции педагогических кадров в области превенции идеологии киберэкстремизма среди молодежи // Фундаментальные исследования. – М.: Академия Естествознания, 2013. – № 10–9. – С. 2075–2079.

16. Чусавитина Г.Н. Элективный курс «Основы информационной безопасности» // Информатика и образование. – 2007. – № 4. – С. 43–56.

17. Чусавитина Г.Н., Чусавитин М.О. Анализ проблемы готовности педагогических кадров к профилактике и противодействию идеологии киберэкстремизма среди молодежи // Информационная безопасность и вопросы профилактики киберэкстремизма среди молодежи (сборник статей) / под ред. Г.Н. Чусавитиной, Л.З. Давлеткиреевой, Е.В. Черновой. – Магнитогорск: МаГУ, 2013. – 162 с. – С. 153–161.

References

1. Agdavletova A.M. Mery profilaktiki kiberjekstremizma sredi molodezhi // Informacionnye sistemy i tehnologii v obrazovanii, nauke i biznese (ISiT-2014). Materialy Vserossijskoj molodezhnoj nauchno-prakticheskoj shkoly. Kemerovo: 2014. pp. 13–14.
2. Ganieva L. F. Macachova V. N., Trutnev A.Y., Novikova I. N. Pedagogical, psychological and linguistic aspects of the problem of cyber extremism among youth in high school. WAC Fundamental research. 2014. no. 12-6. pp. 1289–1293; URL: www.rae.ru/fs/?Section=content&op=show_article&article_id=10005587.
3. Ganieva L.F. approach to the cycle of educational activities antipropaganda of cyber extremism among young people in the University Information security and the prevention of cyber extremism among youth (collection of articles) / under the editorship of G. N. Chusavitina, E. V. Chernova. Magnitogorsk: MGTU, 2014. 189 pp. 57–63.
4. Zerkina E.V. Metodika diagnostiki i profilaktiki deviantnogo povedenija shkolnikov v sfere informacionno-kommunikativnyh tehnologij: uchebno-metodicheskoe posobie / E.V. Zerkina. GOU VPO «Magnitogorskij gos. un-t». Magnitogorsk, 2006.
5. Zerkina E.V., Chusavitina G.N. Podgotovka budushhih uchitelej k prevencii deviantnogo povedenija shkolnikov v sfere

информационно-коммуникативных технологий. Магнитогорск: МаГУ, 2008. 184 p.

6. Информатика : учебное пособие (3-е издание, стереотипное) / E.N. Guseva, I.Ju. Efimova, R.I. Korobkov, K.V. Korobkova, I.N. Movchan, L.A. Saveleva M.: Flinta, 2011. 260 p.

7. Makashova V.N. Информационные технологии как фактор распространения идей киберэкстремизма в молодежной среде / V.N. Makashova, E.V. Chernova // *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie*. 2013. no. 9. pp. 328–335.

8. Makashova V.N. Механизмы противодеструкции киберэкстремизма и кибертерроризма в системе образования // *Fundamentalnye issledovaniya*. 2013. no. 1. pp. 2054–2059.

9. Математика и информатика в электронном ресурсе: учебное пособие (3-е издание, стереотипное) / E.N. Guseva, I.Ju. Efimova, R.I. Korobkov, K.V. Korobkova, T.V. Ilina, I.N. Movchan, L.A. Saveleva M.: Flinta, 2011.

10. Методические рекомендации по профилактике и противодействию экстремизму в молодежной среде // *Nasha molodezh*. 2011. no. 6. pp. 40–41.

11. Movchan I.N. Инновационные подходы в преподавании информатики в вузе // *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii*. 2014. no. 5–2 (37). pp. 45.

12. Movchan I.N. Некоторые аспекты информационной подготовки студентов вуза // *Sbornik nauchnyh trudov Sworld*. 2008. T.18. no. 1. pp. 34–36.

13. Movchan I.N. Проблемы подготовки специалистов в области информационной безопасности // *Otkrytoe obrazovanie*. 2013. no. 5. pp. 78–80.

14. Movchan I.N. Учебный проект «Исторические аспекты поведения в сети интернет» как одна из форм противодействия киберэкстремизму в молодежной среде // *Информационная безопасность и вопросы профилактики киберэкстремизма*

среди молодежи: сборник статей / под ред. G.N. Chusavitinoj, E.V. Chernovoj. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова; Магнитогорский Дом печати, 2014. 204 p. pp. 128–133.

15. Chernova E.V. Компетентии педагогических кадров в области профилактики идеологии киберэкстремизма среди молодежи // *Fundamentalnye issledovaniya*. M: Академия Естествознания, 2013. no. 10–9. pp. 2075–2079.

16. Chusavitina G.N. Обязательный курс «Основы информационной безопасности» // *Информатика и образование*. 2007. no. 4. pp. 43–56.

17. Chusavitina G.N., Chusavitin M.O. Анализ проблемы готовности педагогических кадров к профилактике и противодействию идеологии киберэкстремизма среди молодежи // *Информационная безопасность и вопросы профилактики киберэкстремизма среди молодежи (сборник статей) / под ред. G.N. Chusavitinoj, L.Z. Davletkireevoj, E.V. Chernovoj*. Магнитогорск: МаГУ, 2013. 162 p. pp. 153–161.

Рецензенты:

Савва Л.И., д.п.н., профессор кафедры профессионального образования, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск;

Кадченко С.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры прикладной математики и информатики физико-математического факультета, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

УДК 621.391.266

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ПОВОРОТА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ОБЪЕКТА НА БАЗЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАФА

Морозовский К.В.

*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Йошкар-Ола, e-mail: daimond025@yandex.ru*

В статье представлен подход к оценке параметров вращения пространственных объектов на базе преобразования Хафа. Преобразование Хафа инвариантно к нумерации отсчетов и способно оценивать параметры по фрагменту обрабатываемого объекта. Оценка параметров вращения базируется на получении параметров вращения по интегральным характеристикам угла поворота. В качестве исходных данных для определения параметров вращения используются векторы нормали к поверхности объекта, которые вращаются аналогично объекту и нечувствительны к преобразованиям переноса, масштабирования. Приведен алгоритм определения параметров вращения на базе преобразования Хафа, имеющий трехмерную структуру аккумулятора массива. Алгоритм имеет двухступенчатую структуру, что позволяет использовать трехмерный аккумуляторный массив при определении параметров вращения пространственного объекта. Проведена серия экспериментов оценки помехоустойчивости алгоритма, определения параметров вращения. Параметры вращения оцениваются с удовлетворительным качеством при отношении сигнал/шум больше 140. Показана возможность определения параметров вращения по фрагменту обрабатываемого объекта.

Ключевые слова: обработка изображений пространственного объекта, преобразование Хафа, оценка параметров поворота пространственного объекта

ESTIMATION THE PARAMETERS OF ROTATION SPATIAL OBJECT WITH HOUGH TRANSFORM

Morozovskiy K.V.

Volga State University of Technology, Yoshkar-ola, e-mail: daimond025@yandex.ru

The article presents an approach to the estimation the parameters of rotation of the 3D object based on the Hough transform. Hough transform is not sensitive to the numeration of points 3D object and ability to estimate the parameters of a fragment the processed object. Estimation of parameters rotation is based on the receiving rotation parameters of the integral characteristics of the angle of rotation. The initial data used vectors normal to the surface of the 3D object, which is similar to rotate the 3D object and not sensitive to the transformations of the translation, scaling. An algorithm for estimation the parameters of rotation based on Hough transform having a three-dimensional structure of the accumulator array. The algorithm has a two-tier structure that allows to use a three-dimensional accumulator array in determining the parameters of rotation of the space object. A series of experiments evaluation the noise immunity of the algorithm determination parameters of rotation. Rotation parameters are estimated with a satisfactory quality for a signal/noise ratio of more than 140. The possibility of determining the parameters of rotation of the fragment being processed object.

Keywords: 3D-object processing, Hough transform, estimation of parameters of rotation

Одной из задач, часто решаемых при обработке изображений трехмерного объекта, является оценка параметров их поворота. При известной нумерации отсчетов, например в системах астроориентации, где предварительно производится идентификация звезд в кадре, оценка параметров может быть выполнена матричным методом [2]. В ситуациях, когда на наблюдаемое изображение воздействуют различные помеховые факторы, неизвестна нумерация отсчетов исходного и наблюдаемого объекта, не совпадает их количество, наблюдаемый объект представлен фрагментом, определение параметров поворота матричным методом становится невозможным. В работах [4–7] рассмотрены методы обработки изображений трехмерного объекта с известной и неиз-

вестной нумерацией отсчетов, обеспечивающие возможность оценки параметров поворота изображений трехмерного объекта, однако при этом необходима информация обо всей поверхности объекта. Решение указанной задачи возможно на базе корреляционных алгоритмов, однако они обладают высокой трудоемкостью в условиях априорной неопределенности относительно параметров поворота, масштабирования и переноса, что затрудняет их реализацию в реальном или близком к нему масштабе времени.

В данной работе предлагается решение указанной проблемы на базе преобразования Хафа. В работе [3] рассмотрено модифицированное обобщенное преобразование Хафа, обеспечивающее возможность распознавания изображений трехмерных

объектов по их фрагментам при произвольном масштабе и неизвестных параметрах поворота. Однако этот метод не позволяет получить оценки параметров поворота изображения трехмерного объекта.

Целью данной работы является разработка алгоритма оценки параметров вращения изображения пространственного объ-

екта на базе преобразования Хафа, в том числе по их фрагментам.

Определение параметров поворота изображения трехмерного объекта

Как показано в [1], определение параметров поворота отсчетов трехмерного объекта может быть описано с помощью тензора поворота:

$$P = m \otimes m + \cos(\alpha)(E - m \otimes m) + \sin(\alpha)(m \times E), \quad (1)$$

где P – тензор поворота; \otimes – знак тензорного произведения; $m \otimes m$ – тензор второго порядка; m – ось вращения; α – угол поворота вокруг оси; E – единичный тензор.

Сам поворот описывается следующим выражением:

$$v' = Pv, \quad (2)$$

где v' – вращаемый вектор; v – исходный вектор.

Тогда вращаемый вектор определяется как

$$v' = v \cos(\alpha) + (m \times v) \sin(\alpha) + m(m \times v)(1 - \cos(\alpha)). \quad (3)$$

На основании (3) составим выражения для определения координат вращаемого вектора:

$$\begin{aligned} (1 - \cos \alpha)(m_1 v_1 + m_2 v_2 + m_3 v_3) m_1 + \cos \alpha v_1 + \sin \alpha (m_2 v_3 - m_3 v_2) &= v'_1; \\ (1 - \cos \alpha)(m_1 v_1 + m_2 v_2 + m_3 v_3) m_2 + \cos \alpha v_2 + \sin \alpha (m_3 v_1 - m_1 v_3) &= v'_2; \\ (1 - \cos \alpha)(m_1 v_1 + m_2 v_2 + m_3 v_3) m_3 + \cos \alpha v_3 + \sin \alpha (m_1 v_2 - m_2 v_1) &= v'_3. \end{aligned} \quad (4)$$

Решая систему (4) относительно m_1, m_2, m_3 получим два решения. Первое решение:

$$\begin{aligned} m_2 &= \frac{\sqrt{(1 - \cos(\alpha))(v'_2 + v_2)^2 \left((-v_2^2 - v_3^2 - v_1^2) \cos(\alpha) + v'_2 v_2 + v'_3 v_3 + v'_1 v_1 \right) + (v'_1 v_3 - v'_3 v_1) \cos(\alpha) + v'_1 v_3 - v'_3 v_1}}{(v_1^2 + v'_1 v_1 + v_3^2 + v'_3 v_3 + v_2 (v'_2 + v_2)) \sin(\alpha)}; \\ m_3 &= \frac{(v'_3 + v_3) \sqrt{\left((-v_2^2 - v_3^2 - v_1^2) \cos(\alpha) + v'_2 v_2 + v'_1 v_1 + v'_3 v_3 \right) (\cos(\alpha) + 1) (v'_2 + v_2)^2 - (\cos(\alpha) + 1) (v'_2 + v_2) (-v'_2 v_1 + v'_1 v_2)}}{(v_2^2 + v'_2 v_2 + v_1^2 + v'_1 v_1 + v_3 (v'_3 + v_3)) (v'_2 + v_2) \sin(\alpha)}; \\ m_1 &= \frac{(-v_2 m_2^2 - m_2 v_3 m_3 + v_2) \cos(\alpha) + v_2 m_2^2 + m_2 v_3 m_3 - v'_2 + \sin(\alpha) m_3 v_1}{-m_2 v_1 + m_2 \cos(\alpha) v_1 + \sin(\alpha) v_3}. \end{aligned}$$

Второе решение:

$$\begin{aligned} m'_2 &= \frac{-\sqrt{(1 - \cos(\alpha))(v'_2 + v_2)^2 \left((-v_2^2 - v_3^2 - v_1^2) \cos(\alpha) + v'_2 v_2 + v'_3 v_3 + v'_1 v_1 \right) + (v'_1 v_3 - v'_3 v_1) \cos(\alpha) + v'_1 v_3 - v'_3 v_1}}{(v_1^2 + v'_1 v_1 + v_3^2 + v'_3 v_3 + v_2 (v'_2 + v_2)) \sin(\alpha)}; \\ m'_3 &= \frac{-(v'_3 + v_3) \sqrt{\left((-v_2^2 - v_3^2 - v_1^2) \cos(\alpha) + v'_2 v_2 + v'_1 v_1 + v'_3 v_3 \right) (\cos(\alpha) + 1) (v'_2 + v_2)^2 - (\cos(\alpha) + 1) (v'_2 + v_2) (-v'_2 v_1 + v'_1 v_2)}}{(v_2^2 + v'_2 v_2 + v_1^2 + v'_1 v_1 + v_3 (v'_3 + v_3)) (v'_2 + v_2) \sin(\alpha)}; \\ m'_1 &= \frac{(-v_2 m_2^2 - m_2 v_3 m_3 + v_2) \cos(\alpha) + v_2 m_2^2 + m_2 v_3 m_3 - v'_2 + \sin(\alpha) m_3 v_1}{-m_2 v_1 + m_2 \cos(\alpha) v_1 + \sin(\alpha) v_3}. \end{aligned}$$

Для оценки параметров поворота воспользуемся подходами, заложенными в классическом преобразовании Хафа. При определении параметров поворота пространственного объекта [4–7] исходными данными являются координаты точек эталонного и обрабатываемого изображений. На их базе могут быть рассчитаны векторы нормалей к поверхности объекта, которые вращаются аналогично объекту и нечувствительны к преобразованиям переноса, масштабирования. Методика расчета полей нормали объекта представлена в [3]. При определении параметров поворота необходимо оценить четыре неизвестных параметра: три параметра – координаты оси вращения и четвертый угол поворота. Согласно выражениям свободным параметром преобразования Хафа будет угол вращения. Исходными данными для определения параметров поворота трехмерного объекта будут координаты векторов нормалей к поверхности эталонного и повернутого объектов.

Для свободного параметра необходимо задать пределы его изменения. На рис. 1 показаны возможные направления векторов оси вращения m_1 и m_2 , рассчитываемые на основе данных о направлениях нормалей исходного объекта v , отсчетов нормалей повернутого объекта v' и угла поворота α . Для однозначного выбора направления оси вращения диапазон изменения угла α задается в пределах от 0 до 180° .



Рис. 1. Расположение оси вращения

Поскольку каждый вектор нормали отсчета исходного объекта сравнивается с каждым вектором нормали вращаемого объекта, рассматриваемый вариант преобразования Хафа не чувствителен к нумерации отсчетов. При расчете координат осей вращения для очередного вектора нормали исходного объекта и вектора нормали вращаемого объекта находят координаты оси вращения при некотором угле α . Поскольку угол α принимает все допустимые значения, то в результате определяются координаты

возможных при данных условиях осей вращения, пересечение которых в аккумуляторном массиве создаст пик.

В ряде случаев решения системы не существуют или не удовлетворяют условию нормировки оси вращения m . При этом голосование не проводится и считается, что поворот с такими параметрами невозможен.

Поскольку неизвестными являются четыре параметра поворота, то и аккумуляторный массив должен быть четырехмерным, что затрудняет реализацию данного метода. Однако, поскольку вектор оси вращения является нормированным, то для его представления достаточно знания двух его компонент, а третья может быть вычислена с точностью до знака. В связи с этим предложено использовать трехмерный аккумуляторный массив $A[m_1, m_2, \alpha]$, содержащий координаты оси вращения по осям y, z и значение угла поворота.

После выделения пика в аккумуляторном массиве определяются его индексы. Поскольку знание координат пика в аккумуляторном массиве не позволяет непосредственно находить знак третьей компоненты вектора оси вращения, необходимо повторно провести расчеты координат осей вращения, и если получаемые при этом индексы совпадают с найденными ранее, то рассчитанные значения координат оси вращения и угла поворота принимают в качестве результатов оценки параметров поворота трехмерного объекта.

С учетом изложенного алгоритм оценки параметров вращения на базе преобразования Хафа будет включать следующие этапы

1. Расчет векторов нормали исходного и вращаемого объекта.
2. Для данного вектора нормали отсчета исходного объекта – v .
3. Для данного вектора нормали отсчета вращаемого объекта – v' .
4. Для некоторого угла вращения α векторов нормали отсчета исходного объекта и вращаемого объекта.

5. Расчет в соответствии с (5), (6) координат оси вращения.

6. Если ось вращения существует и ее длина равна единице, то инкрементируется элемент аккумуляторного массива $A[m_y, m_z, \alpha]$.

7. Нахождение индексов пика в аккумуляторном массиве.

8. Повтор пунктов 1–6 и поиск соответствия индексов оси вращения индексам пика в аккумуляторном массиве, нахождение координаты оси вращения m_x .

9. Конец.

Одним из достоинств преобразования Хафа является возможность оценивать свойства структуры по его фрагменту. Алгоритм обработки изображения в этом случае аналогичен алгоритму, но вращаемый объект может задаваться отдельным фрагментом.

Экспериментальная оценка помехоустойчивости разработанного алгоритма, определения параметров вращения пространственного объекта на базе преобразования Хафа

Для определения помехоустойчивости разработанного метода оценки параметров поворота изображений трехмерных объектов была проведена серия вычислительных экспериментов в соответствии со следующим алгоритмом.

1. Формируются отсчеты исходного объекта и отсчеты вращаемого объекта, получаемые поворотом исходного объекта с параметрами вращения $\{m_x, m_y, m_z, \alpha\}$.

2. Производится зашумление отсчетов вращаемого объекта аддитивным нормальным шумом с нулевым математическим ожиданием и дисперсией

$$\sigma^2 = \frac{E}{qN_c},$$

где $E = \sum_{n=0}^{N_c-1} |r_n|^2$ – энергия сигнала; r_n – состояние каждого отсчета до центра формы;

N_c – количество отсчетов на изображении; q – отношение сигнал/шум:

$$x_r^{(\xi)}(n) = x_r(n) + \xi_x(n);$$

$$y_r^{(\xi)}(n) = y_r(n) + \xi_y(n);$$

$$z_r^{(\xi)}(n) = z_r(n) + \xi_z(n),$$

где $x_r^{(\xi)}(n)$, $y_r^{(\xi)}(n)$, $z_r^{(\xi)}(n)$ – зашумленные отсчеты повернутого объекта.

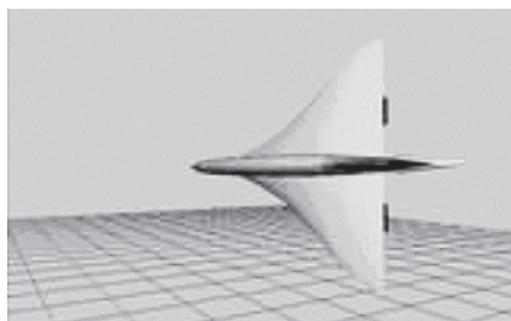
3. Выполняется расчет полей нормалей объектов.

4. В соответствии с алгоритмом выполняется оценка параметров поворота изображений трехмерного объекта.

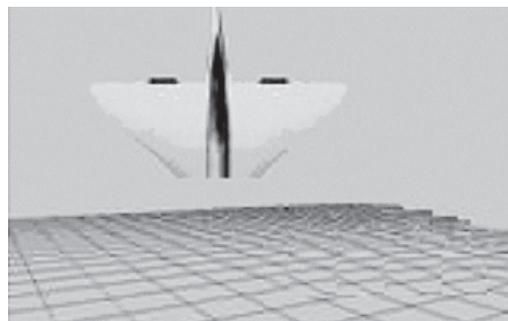
5. Пп. 2–4 повторяются $N_{\text{оп}}$ раз, в каждом опыте оцениваются параметры поворота и затем для каждой координаты оси вращения и угла поворота вычисляется среднеквадратичное отклонение вычисленных параметров поворота трехмерного объекта относительно истинных значений параметров $\{m_x, m_y, m_z, \alpha\}$.

6. Серии опытов по определению параметров вращения объекта повторяются для различных значений отношения сигнал/шум. По их результатам строится график зависимости среднеквадратического отклонения каждого из оцениваемых параметров поворота изображений трехмерного объекта от отношения сигнал/шум.

На рис. 2 представлены изображения тестовых объектов, участвовавших в эксперименте, объект и его фрагмент. Модель получена из базы данных эталонного теста Princeton Shape Benchmark [8]. При определении параметров поворота изображений трехмерного объекта использовался аккумуляторный массив $A[m_y, m_z, \alpha]$ размерностью $500 \times 500 \times 180$. На рис. 3–6 приведены результаты экспериментов, погрешности оценки каждого параметра вращения при использовании алгоритма, для модели объекта (рис. 2 а) и его фрагмента (рис. 2 б).



а



б

Рис. 2. Модели объекта и его фрагмента, используемые в эксперименте: а – целый объект; б – фрагмент объекта

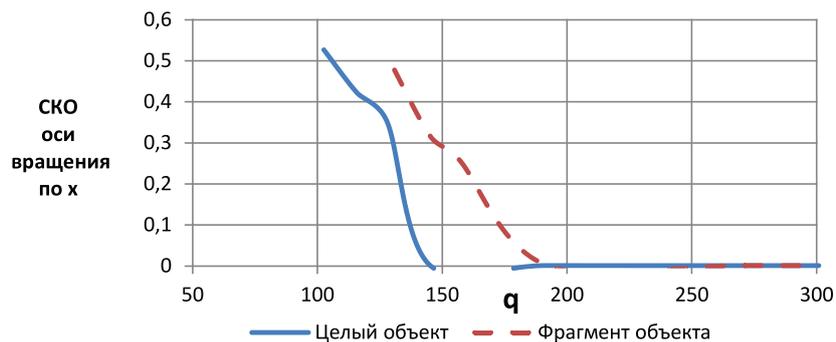


Рис. 3. Характеристика оценивания координаты x оси вращения



Рис. 4. Характеристика оценивания координаты y оси вращения

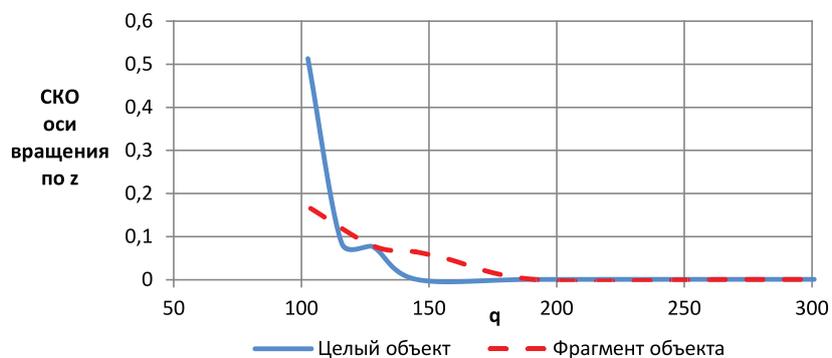


Рис. 5. Характеристика оценивания координаты z оси вращения

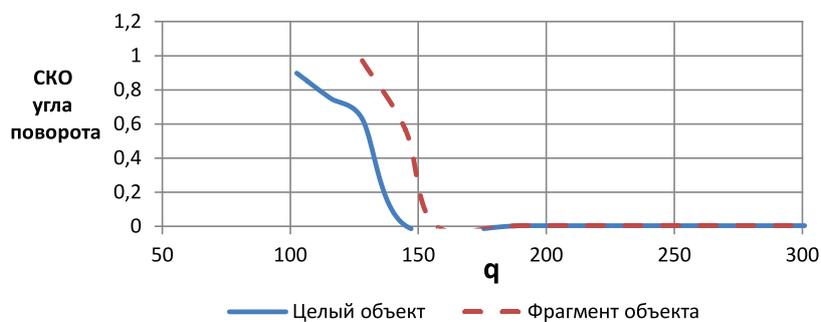


Рис. 6. Характеристика оценивания угла поворота

Как видно из полученных результатов, параметры поворота полного изображения объекта оцениваются с удовлетворительным качеством при отношениях сигнал/шум $q < 140$, а при оценке параметров фрагмента изображения объекта требуемое отношение сигнал/шум увеличивается до 170.

Заключение

В работе рассмотрен подход к оценке параметров поворота изображений трехмерного объекта, базирующийся на преобразовании Хафа. Его основным достоинством является возможность работы с трехмерными объектами независимо от ракурса наблюдения в случаях, когда их отсчеты неупорядочены или в кадре находится только фрагмент объекта. Предложенные алгоритмы имеют относительно низкую трудоемкость $O(n^3)$ по сравнению с пространственно-корреляционными методами.

Список литературы

1. Жилин П.А. Векторы и тензоры второго ранга в трехмерном пространстве. – СПб.: Нестор, 2001. – 276 с.
2. Лурье А. И. Аналитическая механика – М.: Физматлит, 1961. – 824 с.
3. Рожнецов А.А., Морозовский К.В., Баев А.А. Модифицированное обобщенное преобразование Хафа для обработки трехмерных изображений с неизвестными параметрами вращения и масштабирования / А.А. Рожнецов, К.В. Морозовский, А.А. Баев // Автотометрия. – Новосибирск, 2013. – Т. 49. – № 2. – С. 30–41.
4. Рожнецов А.А. Оценка параметров и распознавание изображений трехмерных объектов с неупорядоченными отсчетами / А.А. Рожнецов, А.А. Баев, А.С. Наумов // Автотометрия. – 2010– Т.46. – Новосибирск. – № 1. – С. 57–69.
5. Фурман Я.А. Различение трехмерных изображений / Я.А. Фурман, И.Л. Егوشина, Р.В. Ерусланов; под общ. ред. Я.А. Фурмана. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2013. – 260 с. ISBN 978-5-8185-1100-3.
6. Фурман Я.А. Согласование угловых параметров и векторных описаний 3D групповых точечных объектов / Я.А. Фурман, И.Л. Егوشина, Р.В. Ерусланов // Автотометрия. – Новосибирск, 2012. – Т. 48, № 6. – С. 3–17.

7. Хафизов Д.Г. Определение параметров вращения пространственного группового точечного объекта при неизвестной нумерации точечных отметок // Компьютерная оптика. – Самара, 2011. – Т. 35. – № 1. – С. 117–122.

8. Shilane P., Min P., Kazhdan M., Funkhouser T. The Princeton Shape Benchmark. – Shape Modeling International, 2004. – P. 345–352.

References

1. Zhilin P.A. Vektory i tenzory vtorogo ranga v trehmer-nom prostranstve. SPb: Nestor, 2001. 276 p.
2. Lure A.I. Analiticheskaja mehanika M.: Fizmatlit 1961. 824 p.
3. Rozhencov A.A., Morozovskiy K.V., Baev A.A. Modifitsirovannoe obobshhennoe preobrazovanie Hafa dlja obrabotki trjohmernih izobrazhenij s neizvestnymi parametrami vrashhenija i masshtabirovanija / A.A. Rozhencov, K.V. Morozovskij, A.A. Baev // Avtometrija. –2013. T. 49. Novosibirsk, no. 2. pp. 30–41.
4. Rozhencov, A.A. Ocenka parametrov i raspoznavanie izobrazhenij trehmernih obektov s neuporjadochennymi otschetami / A.A. Rozhencov, A.A. Baev, A.S. Naumov // Avtometrija. 2010. T. 46. Novosibirsk., no. 1. pp. 57–69.
5. Furman, Ja.A. Razlichenie trehmernih izobrazhenij / Ja.A. Furman, I.L. Egoshina, R.V. Eruslanov; pod obshh. red. Ja.A. Furmana. Joshkar-Ola: Povolzhskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet, 2013. 260 p. ISBN 978-5-8185-1100-3.
6. Furman, Ja.A. Soglasovanie uglovyh parametrov i vektornyh opisaniy 3D gruppovyh tochechnyh obektov / Ja.A. Furman, I.L. Egoshina, R.V. Eruslanov // Avtometrija. Novosibirsk, 2012. T.48, no. 6. pp. 3–17.
7. Hafizov, D.G. Opredelenie parametrov vrashhenija prostranstvennogo gruppovogo tochechnogo obekta pri neizvestnoj numeracii tochechnyh otmetok / D.G.Hafizov // Kompjuternaja optika. 2011. T.35. Samara, no. 1. pp. 117–122.
8. Shilane P., Min P., Kazhdan M., Funkhouser T. The Princeton Shape Benchmark. Shape Modeling Inter-national, 2004, pp. 345–352.

Рецензенты:

Хафизов Р.Г., д.т.н., профессор кафедры РТиМБС, ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола;

Рябов И.В., д.т.н., профессор кафедры ПиП ЭВС, ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола.

УДК 665.775: 542.06. 662.8:535

ГРУППОВОЙ СОСТАВ КИСЛОТ НИЗКОКАЛОРИЙНОГО УГЛЯ

Носкова Л.П.

*ФГБУН «Институт геологии и природопользования» ДВО РАН,
Благовещенск, e-mail: noskova@ascnet.ru*

Низкокалорийные угли – перспективное сырье для получения химических продуктов, в частности для извлечения кислот, широко представленных в их органическом веществе. Сведения о строении и индивидуальном составе содержащихся в углях органических кислот являются основой их технологического использования. В работе охарактеризован состав двух групп соединений: карбоновых кислот растворимой части угля и гуминовых кислот, выделенных из остатка угольного вещества, не содержащего битумов. Установлено, что групповой состав карбоновых кислот представлен свободными соединениями и кислотами, связанными в виде сложных эфиров и солей. Они содержат насыщенные монокарбоновые кислоты $C_{10}-C_{28}$ с высоким коэффициентом четности, дикарбоновые кислоты от C_6 до C_{18} ; ненасыщенные пальмитолеиновую, олеиновую и линолеиновую кислоты; ароматические и дитерпеновые кислоты. Установлено, что структура гуминовых кислот исследуемого угля соответствует общему типу строения ГК, содержащихся в твердых горючих ископаемых. Они имеют полифункциональный состав и обладают физиологической активностью, оценка которой дана методом количественной ^{13}C ЯМР-спектроскопии.

Ключевые слова: низкокалорийный бурый уголь, химическая переработка, битумы, карбоновые кислоты, гуминовые кислоты, функциональный состав

THE GROUPING COMPOSITION OF ACIDS IN LOW-CALORIC COAL

Noskova L.P.

*Institute of Geology and Nature Management Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences,
Blagoveschensk, e-mail: noskova@ascnet.ru*

Acids of different chemical nature are present in the organic matter of the Sergeevka brown coal deposit. The study of their composition is necessary for technological use of coal, and also represents scientific interest in terms of the presence of the relic carboxylic acids. The paper features the composition of two compound groups: the carboxylic acids of soluble part of coal and the humic acid separated from residual coal matter free from bitumens. It is established that the grouping composition of the carboxylic acids is presented by free compounds and acids bonded in the form of the combined ethers and salts. The separated fractions contain a similar set of components but they differ in quantitative distribution. They comprise the saturated monocarboxylic acids $C_{10}-C_{28}$ with high even ratio, dicarboxylic acids from C_6 to C_{18} , non-saturated palmitoleic acid, oleic and linoleic acids, aromatic and diterpene acids. It is established that the structure of the humic acids of the study coal corresponds to the general type of the HA structure contained in the hard combustible minerals. They have semi-functional composition and physiological activity which is estimated by the method of ^{13}C NMR spectroscopy.

Keywords: low-caloric brown coal, chemical processing, bitumens, carboxylic acids, humic acids, functional composition

Выявление сырьевого потенциала твердых топлив и их технологическое использование базируется на знаниях о химической природе и структурных особенностях их органического материала. Слабометаморфизованные бурые угли, обедненные теплотворными свойствами, все чаще рассматриваются как источник химических продуктов [2, 3, 7, 8]. Кислоты, широко представленные в органическом веществе (ОВ) низкокалорийных топлив, могут найти разнообразные сферы применения [1, 4, 6], а изучение их состава может пополнить знания о происхождении и условиях формирования твердых топлив [13, 14].

Цель работы – разделение органических кислот бурого угля Сергеевского месторождения на группы соединений в зависимости от химической природы и характера связей; изучение их фрагментного и индивидуального состава.

Материалы и методы исследований

Исследованию подвергали образец низкокалорийного угля Сергеевского месторождения со следующим элементным составом, % на ОВ: С 66,1; Н 5,5; N 0,7; S 0,4; O (по разности) 27,3; Н/С 1,0. Извлечение растворимых компонентов из угля, необходимых для выделения карбоновых кислот, проводили в аппарате Сокслета бензолом – стандартным растворителем для выделения битумов. Сначала извлекали свободные битумы Б-1, затем из остаточного угля, деминерализованного 10%-ным раствором соляной кислоты, – связанные битумы Б-2. Более глубокое обеззоливание угольного остатка не проводили ввиду сложного состава освобождаемых при этом продуктов, из которых не удается выделить кислоты, поддающиеся идентификации [9]. Из освобожденного от битумов угля пирофосфатным методом (ГОСТ 9517-76) извлекали гуминовые кислоты (ГК), из которых выделяли растворимые в этиловом спирте гиматомелановые кислоты (ГМК) и нерастворимый остаток.

При изучении группового состава карбоновых кислот, согласно схеме [12], сначала извлекали свободные кислоты, обрабатывая битумы раствором

NaHCO₃, затем после обработки 6M HCl – соединения, связанные в виде солей; а после омыления битумов 5%-ным спиртовым раствором KOH извлекали кислоты из состава эфиров. Полученные кислоты переводили в более летучие метиловые эфиры этерификацией диазометаном.

Элементный состав определяли на элементном анализаторе EA 1110. Инфракрасные спектры снимали на приборе *Perkin-Elmer «Spectrum One»* в таблетках с бромидом калия. ХМС-анализ метиловых эфиров карбоновых кислот осуществляли на приборе *Agilent 6890N* в области 15–500 а.е.м. на капиллярной колонке HP-5MS (30×0,25мм×0,25 мкм), программируя температуру от 100°C (выдержка в течение 2 мин) со скоростью 9°C/мин до 280°C (выдержка 18 мин). Газ-носитель – гелий (1 мл/мин), энергия ионизирующих электронов 70 эВ. Идентификацию индивидуального состава осуществляли по библиотеке масс-спектров NIST-2 с надежностью более 90%. Количественные спектры ЯМР ¹³C гуминовых кислот снимали по методике IGD (Inverse Gate Decoupling) на спектрометре Varian-VXR500S с рабочей частотой 125,6 МГц в 1%-ном растворе NaOD.

Результаты исследований и их обсуждение

В процессе исследований из угля Сергеевского месторождения выделены две представительные группы органических кислот. Первая – это карбоновые кислоты, содержащиеся в растворимой фракции угля (битумах). Вторая группа включает гуминовые кислоты, извлекаемые из остатка угольного вещества, нерастворимого в органических экстрагентах.

Согласно экспериментальным данным (табл. 1), ОВ сергеевского угля содержит 15,1% свободных битумов, представляющих подвижную фазу угля. Деминерализация твердого остатка, полученного после их извлечения, позволяет освободить дополнительно 18,7% связанных с минеральными компонентами угля продуктов.

По результатам фракционирования установлено, что карбоновые кислоты содержатся в битумах в свободной форме (простые липиды) и в виде гидролитически неустойчивых солей и сложных эфиров.

Кислоты, содержащиеся в угле в несвязанном виде, могут частично осаждаться с его минеральными веществами в процессе углеобразования. Снижение стерических затруднений при деструкции органоминеральных связей в процессе обеззоливания угля позволяет выделить такие кислоты из минеральной матрицы. В целом среди кислот преобладают связанные соединения (табл. 1), а доминирующее значение имеют кислоты, включенные в состав сложных эфиров, поскольку битумы исследуемого угля на 60–70% представлены восковыми веществами [7], главными компонентами которых являются сложноэфирные фракции [10]. Их извлечение из энтбитуминированного обеззоленного угля также облегчается вследствие деполимеризации угольного вещества.

Анализ группового состава свободных кислот (табл. 2) свидетельствует о преимущественном значении насыщенных соединений нормального строения, более 50% которых приходится на дикарбоновые структуры C₆–C₁₈. Среди них преобладают кислоты, содержащие четное число углеродных атомов (рис. 1), однако доминирующую роль играет нечетный гомолог C₉. В малых количествах присутствуют дикарбоновые кислоты изо-строения, а ароматические соединения данной фракции представлены фталевыми кислотами.

Около 30% фракции свободных кислот – монокарбоновые кислоты (МКК) от C₁₀ до C₂₈ с высоким коэффициентом четности. Концентрационный максимум их распределения приходится на компоненты C₁₄–C₁₈, но следует отметить преобладание в высокомолекулярной области нечетной трикозановой кислоты (рис. 2). Менее 6% составляют мононенасыщенные пальмитолеиновая, олеиновая и полиненасыщенная линолевая кислоты. В составе сергеевского угля впервые идентифицированы дитерпеновые кислоты.

Таблица 1

Выход продуктов экстракции

Уголь	Зольность, %	Битумы, % на ОВ	Карбоновые кислоты, %					
			свободные		в составе эфиров		в составе солей	
			на битум	на ОВ	на битум	на ОВ	на битум	на ОВ
Исходный уголь	22,3	15,1	3,81	0,57	12,25	1,85	2,39	0,36
Уголь без Б-1	27,20	–	–	–	–	–	–	–
То же, после деминерализации	21,63	18,7	2,25	0,42	8,93	1,67	3,51	0,65

Таблица 2

Групповой состав кислот по данным ХМС, отн. %

Соединения	Свободные кислоты		Кислоты в составе эфиров		Кислоты в составе солей	
	Б-1	Б-2	Б-1	Б-2	Б-1	Б-2
<i>Монокарбоновые кислоты</i>						
Насыщенные:	29,09	30,85	79,60	80,59	56,85	56,07
нормальные C ₁₀ -C ₂₈	28,59	29,74	79,60	80,59	54,86	55,16
изо-строения C ₁₄ -C ₁₉	0,50	1,11	–	–	1,99	0,91
Ненасыщенные:	5,69	5,70	7,91	6,95	10,73	9,61
<i>цис</i> -9-гексадеценовая	1,31	1,62	1,64	1,39	1,85	2,41
<i>цис</i> -9-октадеценовая	3,38	3,04	4,38	3,91	7,10	5,60
9,12-октадекадиеновая	1,00	1,03	1,89	1,65	1,77	1,63
Бензолкарбоновые:	0,35	0,57	0,86	1,07	–	0,95
бензойная	–	–	0,86	0,69	–	0,42
4-метилбензойная	0,35	0,57	–	0,38	–	0,53
Дитерпеновые:	4,26	5,45	–	–	10,28	12,36
дегидроабетиновая	0,54	1,35	–	–	6,92	6,64
7-оксодегидроабетиновая	3,72	4,09	–	–	3,36	5,72
Гептадеценовый альдегид	6,55	4,29	0,85	1,50	2,63	2,69
Дикарбоновые кислоты						
Насыщенные:	51,94	50,42	9,39	8,35	17,62	16,03
нормальные C ₆ -C ₁₈	50,32	49,04	9,39	8,35	17,62	16,03
изо-строения C ₅ -C ₆	1,62	1,38	–	–	–	–
Ароматические:	2,07	2,72	1,39	1,53	1,89	2,29
фталевая	0,81	1,30	0,54	0,52	0,74	1,05
терефталевая	1,26	1,42	1,09	1,01	1,15	1,23

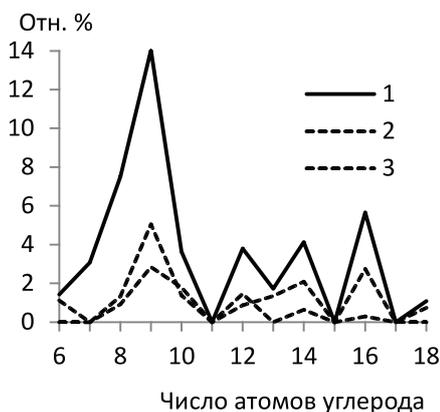


Рис. 1. Распределение дикарбоновых кислот: свободных (1), связанных в виде солей (2) и сложных эфиров (3) – по длине цепи

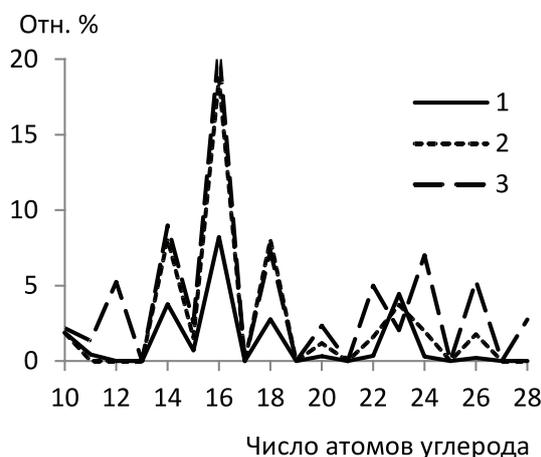


Рис. 2. Распределение монокарбоновых кислот: свободных (1), связанных в виде солей (2) и сложных эфиров (3) – по длине цепи

В составе связанных кислот присутствуют соединения тех же классов, что и среди свободных, но в других пропорциях. Так, в алифатической фракции доминирующее значение приобретают монокарбоновые кислоты, сохраняющие преобладание четных гомологов и тенденции распределения

по длине цепи (рис. 2). Кроме того, возрастает концентрация соединений C₁₄-C₁₈ в основном за счет прироста доли пальмитиновой кислоты. По сравнению со свободными, фракции связанных кислот содержат больше непредельных алифатических структур. Кислоты, выделенные из состава солей,

отличаются значительным содержанием дегидроабетиновых соединений, количество которых возрастает в деминерализованном угле. Связанные в форме сложных эфиров кислоты представлены преимущественно МКК, состав которых обогащается высокомолекулярной фракцией $C_{22}-C_{28}$, но возможно присутствие кислот, содержащих до 36 атомов углерода, идентифицированных в работе [11].

Таблица 3
Характеристика гуминовых кислот
и их фракций

Показатель	ГК	ГМК	ГК без ГМК
Выход, % на ОВ	74,6	16,2	58,4
<i>Элементный состав, % на daf</i>			
C	58,29	63,84	54,38
H	5,11	6,71	4,94
N	0,95	0,43	1,27
O + S (по разности)	35,65	29,02	39,41
<i>Атомные отношения:</i>			
H/C	1,05	1,26	1,09
O/C	0,46	0,34	0,54
<i>Фрагментный состав по данным ЯМР ^{13}C</i>			
C = O	3,91	1,72	1,95
C _{хин}	1,44	1,90	2,06
COO	5,03	4,28	4,95
C _{ар} O	5,85	6,09	7,84
C _{ар} + CH _{ар}	27,78	20,36	23,80
C _{алк} O	8,56	6,61	4,39
CH ₃ O	2,92	3,18	0,63
C _{алк}	44,51	54,85	49,37
Степень ароматичности, f_a	33,64	26,45	31,64
Физиологическая активность, Φ_1	0,27	0,23	0,23

Гуминовые кислоты, выделенные из дебитуминированного угля, характеризуются высоким выходом (табл. 3), а их ЯМР спектры отличает наличие в диапазоне 160–220 ppm хорошо разрешенных сигналов алифатических альдегидов и кетонов, которым принадлежит около 4% содержания углерода. Всего различным кислородсодержащим группам принадлежит около 30% углерода, что указывает на полифункциональный состав ГК. Анализ данных показывает, что в составе ГК высока доля ароматических фрагментов (показатель f_a), но преобладают насыщенные структуры. Показатель Φ_1 , рассчитанный по отношению

суммы активных функциональных групп и алкоксифрагментов к содержанию углеродзамещенных ароматических компонентов [5], свидетельствует о физиологической активности ГК сергеевского угля. Гиматомелановые кислоты являются более восстановленными продуктами по сравнению с ГК и их нерастворимой фракцией (высокий показатель H/C, большее содержание водорода и углерода, но меньшее – гетероэлементов). Они отличаются пониженной ароматичностью и содержат меньше функциональных групп, кроме метоксильных.

Заключение

Разделение карбоновых кислот по видам связи позволило выделить три группы веществ: свободные кислоты; кислоты, связанные органоминеральными связями в составе солей; кислоты, включенные в ОВ угля в виде сложных эфиров. Выделенные фракции кислот, отличаясь источниками извлечения, содержат близкий набор индивидуальных соединений, что указывает на однородность построения органического материала исследуемого угля. Преобладание высших монокарбоновых кислот и присутствие дитерпеновых соединений является признаком формирования угля из высших растений. Доминирование четных жирных кислот позволяет предположить, что процесс углефикации протекал без воздействия высоких давлений и температур. О возможном влиянии бактерий на формирование угольного материала говорит присутствие нечетной трикозановой кислоты, а значительное присутствие дикарбоновых кислот, вероятно, связано с микробальным окислением МКК и углеводородов. Сведения о полифункциональном составе гуминовых кислот и прогноз их физиологической активности указывают на потенциал угля Сергеевского месторождения как источника гуминовых удобрений.

Список литературы

1. Аронов С.Г., Скляр М.Г., Тютюнников Ю.Б. Получение из углей карбоновых кислот // Комплексная химико-технологическая переработка углей. – Киев: Техника, 1968. – 100 с.
2. Велопольски А.А. Перспективы производства бензолкарбоновых кислот из углей и родственных им веществ // Химия твердого топлива. – 1977. – № 5. – С. 44–48.
3. Гуминовые вещества в биосфере / под ред. Орлова Д.С. – М.: Наука, 1993. – 237 с.
4. Итоги и перспективы применения гуминовых препаратов в продуктивном животноводстве, коневодстве и птицеводстве // Сб. докладов; под ред. к.э.н., член-корр. РАЕН А.М. Берковича. – М., 21 декабря 2006.
5. Калабин Г.А., Каницкая Л.В., Кушнарев Д.Ф. Количественная спектроскопия ЯМР природного органического сырья и продуктов его переработки // Химия. – М., 2000. – 408 с.

6. Кухаренко Т.А. Окисленные в пластах бурые и каменные угли. – М.: Недра, 1972. – 205 с.
7. Носкова Л.П., Рохин А.В., Сорокин А.П. Получение восков и гуминовых кислот из бурого угля Сергеевского месторождения // Химия твердого топлива. – 2007. – № 3. – С. 9–15.
8. Носкова Л.П. Экстракционная переработка низкокалорийного угля // Вестник ИрГТУ. – 2012. – Т. 68. – № 9. – С. 195–201.
9. Носкова Л.П. Ступенчатая экстракция бурого угля Сергеевского месторождения // Химия твердого топлива. – 2014. – № 4. – С. 12–17.
10. Носкова Л.П. Компонентный состав обессмоленного воска // Химия твердого топлива. – 2008. – № 5. – С. 70–75.
11. Носкова Л.П. Газохроматографический анализ алифатических фракций буроугольного воска // Химия твердого топлива. – 2010. – № 5. – С. 35–39.
12. Развигорова М., Ангелова Г. О составе и структуре органического вещества горючих сланцев месторождения Красава // Горючие сланцы. – 1984. – Т. 1. – № 2. – С. 119–125.
13. Черкасова Л.С., Мережинский М.Ф. Обмен жиров и липидов. – Минск: Изд-во министерства образования БССР, 1961. – 402 с.
14. Kvenvolden K.A. Normal fatty acids in sediments // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 1967. – Vol. 44. – P. 628–636.

References

1. Aronov S.G., Skljar M.G., Tjutjunnikov Ju.B. Poluchenie iz uglej karbonovyh kislot. V kn.: Kompleksnaja himiko-tehnologicheskaja pererabotka uglej. Kiev: Tehnika, 1968. 100 p.
2. Velopolski A.A. *Himija tverdogo topliva*, 1977, no. 5, pp. 44–48.
3. Guminovye veshhestva v biosfere / Pod red. Orlova D.S. M.: Nauka, 1993. 237 p.

4. Itogi i perspektivy primeneniya guminovyh preparatov v produktivnom zhivotnovodstve, konevodstve i pticevodstve // Sb. dokladov pod red. k.je.n., chlen-korr. RAEN Berkovicha A.M. M. 21 dekabrya 2006 g.
5. Kalabin G.A., Kanickaja L.V., Kushnarev D.F. Kolichestvennaja spektroskopija JaMR prirodnogo organicheskogo syrja i produktov ego pererabotki. M.: Himija, 2000. 408 p.
6. Kuharenko T.A. Okislennye v plastah burye i kamennye ugli. M.: Nedra, 1972. 205 p.
7. Noskova L.P., Rohin A.V., Sorokin A.P. *Himija tverdogo topliva*, 2007, no. 3, pp. 9–15.
8. Noskova L.P. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2012, T. 68, no. 9, pp. 195–201.
9. Noskova L.P. *Himija tverdogo topliva*, 2014, no. 4, pp. 12–17.
10. Noskova L.P. *Himija tverdogo topliva*, 2008, no. 5, pp. 70–75.
11. Noskova L.P. *Himija tverdogo topliva*, 2010, no. 5, pp. 35–39.
12. Razvigorova M., Angelova G. *Gorjuchie slancy*. 1984, T. 1, no. 2, pp. 119–125.
13. Cherkasova L.S., Merezhinskij M.F. *Obmen zhirov i lipidov*. Minsk: Izd-vo ministerstva obrazovanija BSSR, 1961. 402 p.
14. Kvenvolden K.A. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 1967, Vol. 44, pp. 628–636.

Рецензенты:

Иванов А.В., д.х.н., профессор, заведующий лабораторией, ФГБУН «Институт геологии и природопользования» Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Благовещенск;

Егорова И.В., д.х.н., заведующая кафедрой химии, ФГБОУ ВПО «Благовещенский государственный педагогический университет», г. Благовещенск.

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СПЕКТРАЛЬНОМ МЕТОДЕ ДИАГНОСТИКИ МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ

Прахов И.В., Бикметов А.Г.

*Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Салават, e-mail: priwan@yandex.ru*

Применение искусственных нейронных сетей в задачах диагностики вызывает все больший интерес. Нейронные сети позволяют сократить аппарат распознавания образов без изменения достоверности результатов. Важным преимуществом использования нейронных сетей в задачах диагностики является обучаемость. Построение нейросетевой модели происходит адаптивно во время обучения без участия эксперта. При этом нейронной сети предоставляются примеры из базы данных, и она сама подстраивается под эти данные. Основной задачей теории планирования эксперимента является определение значений коэффициентов уравнений регрессии, с помощью которых определяется функциональная зависимость выходной величины от воздействующих факторов. Применение теории планирования эксперимента во время обучения искусственной нейронной сети позволяет увеличить базу данных и тем самым повысить достоверность определения технического состояния насосного оборудования с электрическим приводом.

Ключевые слова: насосный агрегат, нейронная сеть, спектральный метод, обучение, повреждение, режим работы, планирование эксперимента, гармоники, реплика, фактор

APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN THE SPECTRAL METHOD OF DIAGNOSTICS OF MACHINE UNITS

Prakhov I.V., Bikmetov A.G.

Salavat Branch of Ufa State Petroleum Technical University, Salavat, e-mail: priwan@yandex.ru

Application of artificial neural networks finds the increasing interest in diagnostics problems. Neural networks allow to reduce the device of recognition of images without change of reliability of results. Important advantage of use of neural networks in diagnostics problems is обучаемость. Construction нейросетевой models occurs is adaptive during training without participation of the expert. Thus examples from a database are given to a neural network, and she is arranged under this data. The primary goal of the theory of planning of experiment is definition of values of factors of the equations of regress with which help functional dependence of target size on influencing factors is defined. Application of the theory of planning of experiment during training of an artificial neural network allows to increase a database and by that to raise reliability of definition of a technical condition of the pump equipment with an electric drive.

Keywords: the pump unit, a neural network, a spectral method, training, damage, an operating mode, planning of experiment, a harmonic, a remark, the factor

В промышленности большая часть поломок машинного оборудования определяется в ненормированной работе электрооборудования, и, как следствие, степень безопасности и надежности технологических процессов во многом зависит от их технического состояния. При максимальных нагрузках, превышенный нормативный срок эксплуатации оборудования, применяемого для переработки нефти и газа, повышает вероятность появления аварийных ситуаций. Применение новых методов и средств диагностики позволит достигнуть высокого уровня промышленной безопасности при физическом и моральном износе насосного оборудования на опасных и вредных промышленных объектах.

Двигатели электропривода при определенных режимах работы, возникновении и развитии повреждений отдельных элементов механической и электрической ча-

стей насосного оборудования генерируют характерный спектр гармонических составляющих токов и напряжений прямой, обратной и нулевой последовательностей.

На основании экспериментальных исследований, которые отображают отклонения уровня неисправностей насосного оборудования, в качестве диагностических параметров предложено воспользоваться значениями параметров 3, 5, 7 и 9 гармонических составляющих токов и напряжений – коэффициент гармонических составляющих токов K_{In} , коэффициент гармонических напряжений K_{Un} , представляющие собой действующие значения гармонических составляющих, нормированных к действующему значению первой гармоники, и приведенные к периоду значения углов сдвига по фазе $\varphi_{ui(n)}$ между соответствующими гармоническими составляющими напряжений и фазных токов.

Метод искусственных нейронных сетей наиболее приемлем для определения уровня поврежденности насосных агрегатов по значениям параметров, создаваемых двигателем электропривода гармоник напряжений и токов [1, 2].

Алгоритм выявления уровня неисправностей насосного оборудования представлен на рис. 1 [3].

Исследуемые ток и напряжение с помощью аналого-цифрового преобразователя «АЦП» преобразуются в цифровой код. Последовательность таких цифровых кодов характеризует сигнал за определённый период

времени. Блок дискретного преобразования Фурье «ДПФ» раскладывает исследуемый сигнал на гармонические составляющие, из которых для анализа берутся третья, пятая, седьмая и девятая гармоники. Затем определяются действующие значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения K_{Un} и тока K_{In} , а также угол между данными величинами $\varphi_{ui(n)}$ [3]. Значение показателей режимов работы и поврежденности элементов насосного агрегата D_m является результатом анализа искусственной нейронной сети 1, полученного из значений диагностических параметров, находящихся в пределах нормы.

$$D_m = F(K_{InA}, K_{UnA}, \varphi_{ui(n)A}, K_{InB}, K_{UnB}, \varphi_{ui(n)B}, K_{InC}, K_{UnC}, \varphi_{ui(n)C}) =$$

$$= F\left(\sum_{n=3,5,7,9} (w_{InA}K_{InA} + w_{UnA}K_{UnA} + w_{ui(n)A}\varphi_{ui(n)A} + w_{InB}K_{InB} + w_{UnB}K_{UnB} + w_{ui(n)B}\varphi_{ui(n)B} + \right.$$

$$\left. + w_{InC}K_{InC} + w_{UnC}K_{UnC} + w_{ui(n)C}\varphi_{ui(n)C})\right), \quad (1)$$

где w – весовые коэффициенты нейронной сети для соответствующих диагностических параметров; $m = 1, 2, 3, \dots, 17$ – число выходов нейронной сети 1.

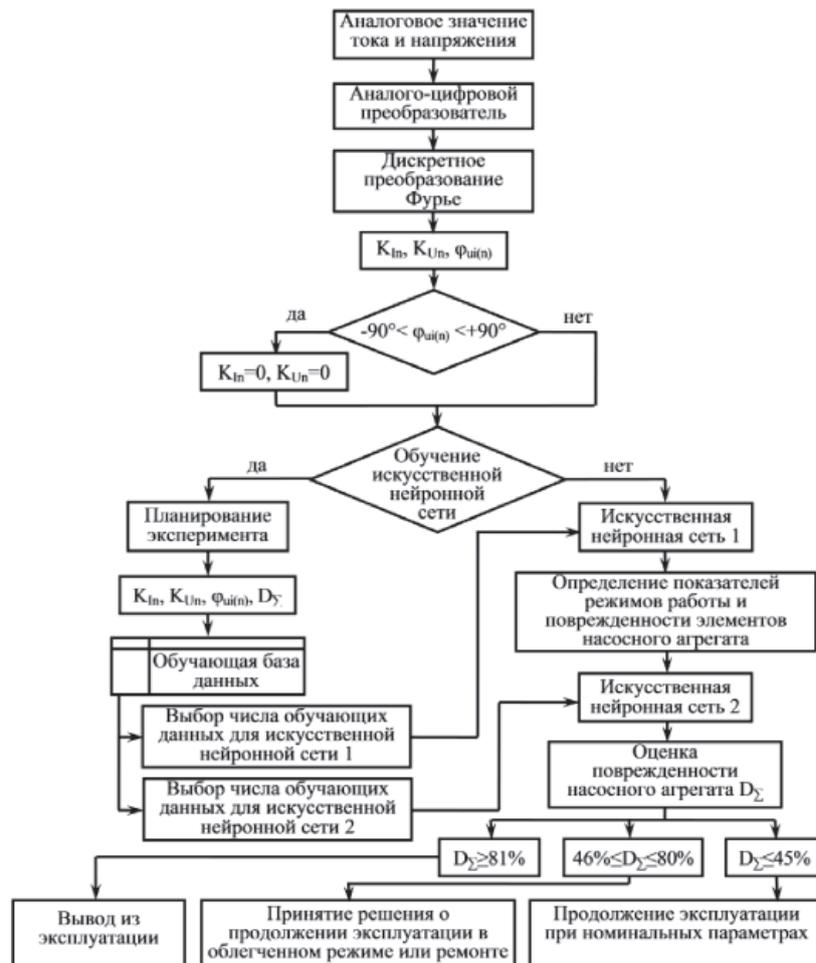


Рис. 1. Алгоритм определения уровня поврежденности насосных агрегатов

В данной работе предложен интегральный диагностический параметр поврежденности D_{Σ} , необходимый для идентификации уровня поврежденности всего насосного агрегата.

Значение интегрального диагностического параметра поврежденности является результатом анализа искусственной нейронной сети 2, полученного из значений показателей режимов работы и поврежденности элементов насосного агрегата D_m .

$$D_{\Sigma} = F\left(\sum_{m=1}^{17} w_m D_m\right). \quad (2)$$

Построение нейросетевой модели происходит адаптивно во время обучения. Для управляемого обучения сети пользователю необходимо организовать систему обучающих данных. Данные параметры показывают модели известных входных и соответствующих им выходных значений. Сеть изучает и пытается установить связь между входами и выходами. Если выходные значения нейронной сети не соответствуют требуемым значениям, то производится оптимизация весов нейронной сети каким-либо из математических алгоритмов до максимального соответствия с заданной точностью. Как показывает практика, сложность возникает в получении необходимого числа обучающих данных. Это является основным недостатком применения искусственных нейронных сетей в задачах диагностики насосного оборудования с электрическим приводом. Увеличение набора обучающих данных и уменьшение числа обучающих экспериментов возможно при обучении искусственной нейронной сети путем использования теории планирования эксперимента [3].

Для определения значений интегрального диагностического параметра поврежденности D_{Σ} и показателей режимов работы и поврежденности элементов насосного агрегата D_m необходима база данных, основной целью которой является обучение искусственных нейронных сетей.

Для применяемой нейронной сети 1 с количеством входов, равных 36, с 36 нейронами в одном скрытом слое, с числом выходов, равном 17, и с числом настраиваемых весов $L = 3204$ число экспериментов для обучения, согласно теореме Колмогорова – Арнольда – Хехт – Нильсена [3], должно быть в диапазоне

$$2(b + L + m) \leq N \leq 10(b + L + m); \quad (3)$$

$$614 \leq N_1 \leq 32570.$$

Для применения нейронной сети 2 с количеством входов b , равных 17, с количеством выходов m , равных 1, и с числом настраиваемых весов $L = 306$ количество обучающих экспериментов должно находиться в диапазоне $612 \leq N_2 \leq 3060$.

Основной задачей теории планирования эксперимента является определение значений коэффициентов уравнений регрессии, с помощью которых определяется функциональная зависимость выходной величины от воздействующих факторов [6]. В качестве выходной величины используются значения коэффициентов третьей, пятой, седьмой и девятой гармонических составляющих напряжения K_{U_n} и тока K_{I_n} и в фазах A, B, C и углы сдвига по фазе $\varphi_{ui(n)}$ между ними, а также состояние насосного агрегата, определяемое по параметрам виброускорения прибором ИДП-03. Воздействующими факторами x_n являются различные характерные повреждения и режимы работы насоса.

С помощью уравнения регрессии определяется значение выходной величины при всех возможных сочетаниях уровней факторов, что увеличивает базу обучающих данных искусственной нейронной сети. Число экспериментов, необходимых для создания всех возможных сочетаний уровней факторов, определяется по формуле

$$N_d = 2^{k-p}, \quad (4)$$

где k – число факторов; p – реплика дробного факторного эксперимента; 2 – число уровней.

При числе факторов 17 база данных, согласно формуле (4), увеличивается с 32 до 131072.

Исследовав искусственную нейронную сеть 1 с разными объемами обучающих данных в интервале (6514, 8000, 9000, 10000, 12000, 15000, 20000, 25000, 32570), получили зависимость изменения достоверности результата от размера обучающих данных, представленную на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что при обеспечении достоверности результата распознавания равной 90,6% оптимальное количество обучающих данных составляет 12000.

Исследовав искусственную нейронную сеть 2 с разными объемами обучающих данных в интервале (612, 800, 1000, 1500, 2000, 2500, 3060), получили зависимость изменения достоверности результата от размера обучающих данных, представленную на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что при обеспечении достоверности результата распознавания равной 86,5% оптимальное количество обучающих данных составляет 1500.

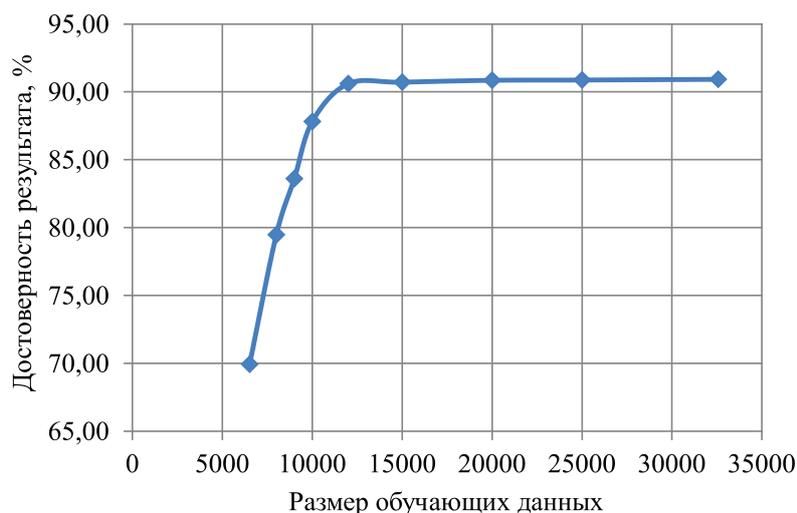


Рис. 2. Зависимость изменения достоверности результата от размера обучающих данных нейронной сети 1

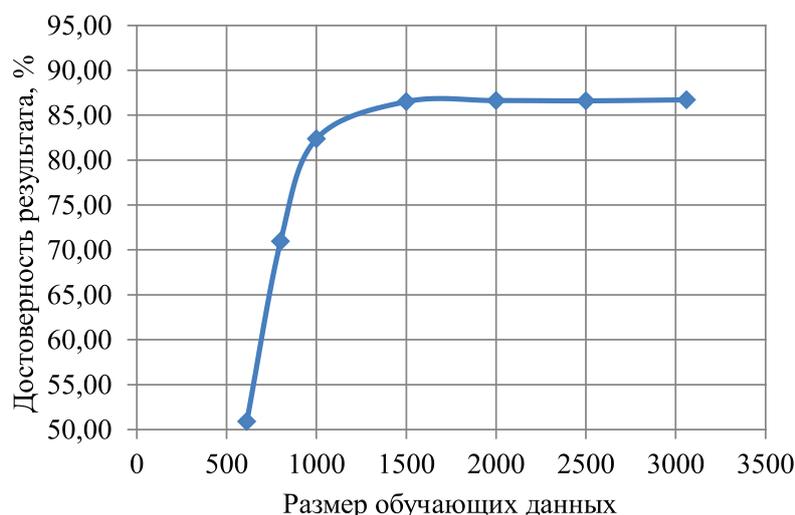


Рис. 3. Зависимость изменения достоверности результата от размера обучающих данных нейронной сети 2

Таким образом, применение метода планирования эксперимента дает возможность сократить необходимое количество обучающих экспериментов для нейронной сети 1 с 12000 до 32 при обеспечении достоверности результата распознавания равной 90,6%, и для нейронной сети 2 – с 1500 до 32 при обеспечении достоверности результата распознавания, равной 86,5%.

Список литературы

1. Баширов М.Г., Прахов И.В. Исследование влияния неисправностей элементов насосно-компрессорного оборудования на параметры генерируемых двигателем электропривода высших гармонических составляющих токов

и напряжений // Повышение надежности и безопасности трубчатых печей нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств: материалы Всероссийского консультационно-методического семинара. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2009. – С. 114–119.

2. Прахов И.В., Баширов М.Г. Влияние режимов работы и характерных повреждений насосно-компрессорного оборудования с электрическим приводом на генерирование высших гармонических составляющих токов и напряжений // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2010. – № 4. – С. 18–21.

3. Прахов И.В., Баширов М.Г., Самородов А.В. Повышение эффективности использования искусственных нейронных сетей в задачах диагностики насосно-компрессорного оборудования применением теории планирования эксперимента // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2011. – № 2. – С. 14–17.

4. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 452 с.

5. Терехов В.А. Нейросетевые системы управления: учеб. пособие для вузов / В.А. Терехов, Д.В. Ефимов, И.Ю. Тюкин. – М.: Высшая школа, 2002. – 183 с.

6. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Изд-во «Наука», 1976. – 279 с.

References

1. Bashirov M.G., Prakhov I.V. *Issledovanie vlijanija neispravnostej jelementov nasosno-kompressornogo oborudovanija na parametry generiruemyh dvigatelem jelektroprivoda vysshih garmonicheskikh sostavljajushchih tokov i naprjazhenij* (Study of effect of shutdowns of the elements of the pump and compressor equipment on the parameters of high harmonic components of voltages and currents generated by the electric motor, Information was taken from the Russian consultative and tutorial seminar «Improving of the reliability and safety of tube furnaces at the oil refining and petrochemical industries»), Ufa: Ufa State Petroleum Technical University, 2009, pp. 114–119.

2. Prakhov I.V., Bashirov M.G. *Vlijanie rezhimov raboty i harakternyh povrezhdenij nasosno-kompressornogo oborudovanija s jelektricheskim privodom na generirovanie vysshih garmonicheskikh sostavljajushchih tokov i naprjazhenij* (Effect of operating modes and specific damage of the pump and compressor equipment with electric motor on generation of high harmonic components of currents and voltages, Transportation and storage of petroleum products and carbon raw materials), 2010, no. 4, pp. 18–21.

3. Prakhov I.V., Bashirov M.G., Samorodov A.V. *Povyshenie jeffektivnosti ispolzovanija iskusstvennyh neyronnyh setej v zadachah diagnostiki nasosno-kompressornogo oborudovanija primeneniem teorii planirovanija jeksperimenta* (Improving the efficiency of use of artificial neural networks in the diagnosis of the pump and compressor equipment using the experimental design theory, Transportation and storage of petroleum products and hydrocarbon raw materials), 2011, no. 2, pp. 14–17.

4. Rutkovskaya D., Pilinsky M., Rutkovsky L. *Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy* (Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems), Trans. from Polish by Rudinsky I.D., M.: Hotline – Telecom, 2007, pp. 452.

5. Terekhov V.A. *Nejrosetevye sistemy upravlenija: Ucheb. posobie dlja vuzov* (Neural network control systems, Manual for graduate students) / Terekhov V.A., Efimov D.V., Tyukin I.Y., M.: Vysshaya shkola, 2002, pp. 183.

6. Adler Y.P., Markova E.V., Granovsky Y.V. *Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimalnyh uslovij* (Experiment design and search for the optimal conditions), M.: «Nauka» publisher, 1976, pp. 279.

Рецензенты:

Вильданов Р.Ф., д.т.н., профессор кафедры ЭАПП, филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Салават;

Жирнов Б.С., д.х.н., профессор, зав. кафедрой ХТП, филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Салават.

УДК 622.276

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ ПОСЛЕ МГРП С ТРЕЩИНОЙ КОНЕЧНОЙ ПРОВОДИМОСТИ И ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ЗНАЧЕНИЕМ СКИН-ФАКТОРА ДО ИНТЕНСИФИКАЦИИ

Саранча А.В., Фаик С.А., Митрофанов Д.А., Огай В.А.

*ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»,
Тюмень, e-mail: sarantcha@mail.ru*

Существуют решения, допускающие, что проводимость трещины намного превышает проводимость пласта. Действительно, при закачке крупнозернистого расклинивающего агента при проведении ГРП можно получить очень высокопроводящие трещины с проницаемостью до 100 Д. Однако даже при очень высокой проницаемости трещины ГРП, заполненной крупнозернистым проппантом, перепады давления в ней могут быть достаточно существенными, что также необходимо учитывать при оценке продуктивности скважин после интенсификации. Не очень высокая раскрытость трещин также существенно влияет на величину перепада давления по ним, отражаясь на скорости фильтрации пластовой жидкости и продуктивных характеристиках скважин. В данной статье будут представлены результаты численного решения задачи, связанной с определением увеличения продуктивности вертикальной скважины после массивированного ГРП, с трещиной конечной проводимости и положительным значением скин-фактора до интенсификации.

Ключевые слова: массивированный гидроразрыв пласта, ГРП, МГРП

DEFINITION OF INCREASING THE PRODUCTIVITY OF VERTICAL WELLS AFTER MASSIVE HYDRAULIC FRACTURING WITH A CRACK OF FINITE CONDUCTIVITY AND THE POSITIVE VALUE OF THE SKIN FACTOR BEFORE STIMULATION

Sarancha A.V., Faik S.A., Mitrofanov D.A., Ogay V.A.

*Federal state budget higher professional educational institution «Tyumen State Oil and Gas University»,
Tyumen, e-mail: sarantcha@mail.ru*

There are solutions assuming that the conductivity of the fracture is much higher than the conductivity of the formation. Really when you fix coarse propping agent in hydraulic fracturing, you can get a very highly conductive fracture with permeability 100 D. However, even in high-permeability fracturing cracks filled with coarse-grained proppant, the pressure drops can be quite significant. This should be considered when estimating well productivity after stimulation. Not very high, the width of the cracks significantly affects the magnitude of the differential pressure on them and affecting the filtration rate of the reservoir fluid and productive characteristics of the wells. This article will present the results of numerical solution of the problem related to the definition of increasing the productivity of vertical wells after massive hydraulic fracturing, with a crack of finite conductivity and the positive value of the skin factor before stimulation.

Keywords: massive hydraulic fracturing, hydraulic fracturing

Для решения поставленной задачи обратимся к рис. 1, где представлена схема трещины, заполненной проппантной набивкой, и направления движения потоков жидкости как в пласте, так и по трещине. Допустим, что фильтрационный поток жидкости в пласте является перпендикулярно направленным к трещине ГРП. Баланс потоков жидкостей в любой точке может быть представлен в соответствии с правилом токов в узле. В каждой выделенной точке трещины скорость фильтрационного потока определяется перепадом давления на этом элементе (согласно закону Дарси).

На плече ячейки имеем

$$J \dots J - 1 \Delta q_{T,j,j-1} = \frac{k_T \cdot w \cdot h}{\mu} \cdot \frac{P(j) - P(j-1)}{\Delta x}; \quad (1)$$

$$J + 1 \dots J \Delta q_{T,j+1,j} = \frac{k_T \cdot w \cdot h}{\mu} \cdot \frac{P(j+1) - P(j)}{\Delta x}, \quad (2)$$

где $\Delta q_{T,j-1}$ и $\Delta q_{T,j+1,j}$ – изменение расхода потока жидкости в левой и правой частях ячейки; k_T – проницаемость трещины; w – раскрытость трещины; h – мощность пласта; μ – вязкость пластовой жидкости, расход в трещину, поступающий с стороны пласта $P(J-1), P(J), P(J+1)$ – давления в узлах ячейки $j-1, j, j+1, \Delta x$ – шаг ячейки трещины.

Из пласта в выделенную ячейку трещины поступает поток жидкости с расходом

$$\Delta q_{n,j} = \frac{k_n \cdot \Delta x \cdot h}{\mu} \cdot \frac{P_k - P(j)}{L}, \quad (3)$$

где $\Delta q_{n,j}$ – расход потока жидкости, поступающей из пласта в выделенную ячейку

трещины Δx ; L – расстояние до контура питания, равное длине трещины; P_k – давление на контуре питания.

Баланс расходов в выделенной ячейке определится как

$$\Delta q_{T_{jj-1}} = \Delta q_{T_{jj-1}} + \Delta q_{nj} \quad (4)$$

Подстановка значений расходов в уравнение (4) приводит к

$$\begin{aligned} & \frac{k_T \cdot w \cdot h}{\mu} \cdot \frac{P(j) - P(j-1)}{\Delta x} = \\ & = \frac{k_T \cdot w \cdot h}{\mu} \cdot \frac{P(j+1) - P(j)}{\Delta x} + \\ & + \frac{2 \cdot k_n \cdot \Delta x \cdot h}{\mu} \cdot \frac{P_k - P(j)}{L} = \\ & = P(j) - P(j-1) - P(j+1) + \\ & + P(j) = [P(j+1) - P(j)] \cdot \alpha, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\text{где } \alpha = \frac{2 \cdot k_n \cdot \Delta^2}{k_T \cdot w \cdot L}.$$

После представления последнего уравнения с выделением давления в узле j как неизвестного параметра, имеем

$$P(j) = \frac{P(j-1) - P(j+1) - P_k \cdot \alpha}{(\alpha + 2)}. \quad (6)$$

Расчет давлений в узлах сетки удобнее производить по методу Зайделя. Граничные условия на скважине, то есть на левой границе трещины ($x=0$): $P = P_c$, а на контуре питания, как уже указывалось, давление равно пластовому:

$$P = P_{пл} = P_k. \quad (7)$$

Проведем расчеты распределения давления в трещине для следующих значений параметров данной системы: проницаемость пласта равна 10 мД, ширина трещины (w) равна 0,01 м, толщина пласта (h) равна 10 м, шаг ячейки трещины (Δx) равен 1 м, длина трещины (L_T) равна 150 м, давление на контуре питания (P_k) равно 100 атм., давление в скважине (P_c) = 50 атм.

Построим кривые распределения давления в пласте для различных значений проницаемости трещины, в диапазоне от 1 до 100 Д: $k_T = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90$ и 100 Д.

На рис. 2 представлены расчётные линии распределения давления по трещине для случая равномерного сопротивления движения потока жидкости в ней, а именно рассмотрен процесс фильтрации в трещине с конечной проводимостью и постоянной гидропроводностью.

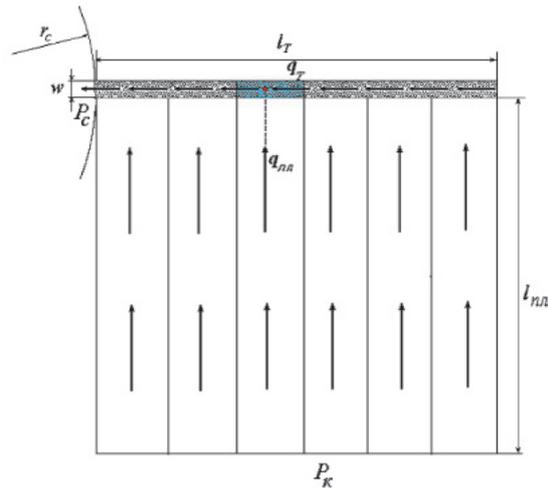


Рис. 1. Схема фильтрации жидкости в пласте и трещине

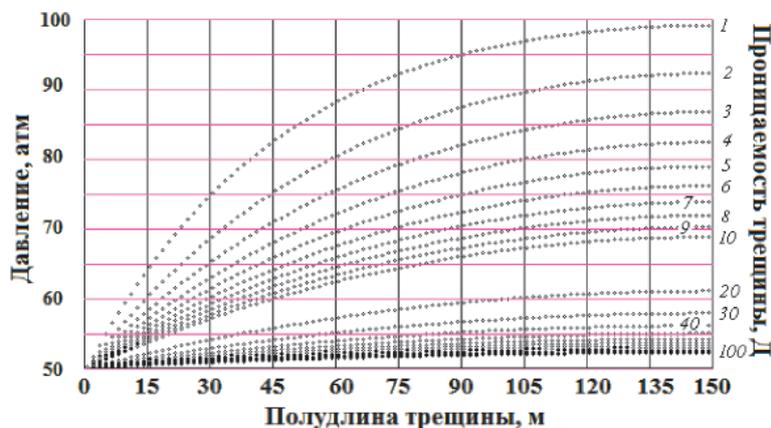


Рис. 2. Распределение давления в трещине для различных значений ее проницаемости

На рис. 2 видно, что для трещин с проницаемостями менее 10 Д имеется существенный перепад давления от конечного их участка до скважины. Для трещин с проницаемостью 1 Д давление на конце трещины практически равно пластовому давлению. Для трещин ГРП с проницаемостью 6 Д, перепад давления в трещине возрастает до величины, равной половине депрессии на пласт. Эти расчеты показывают, что перепады давления в трещине необходимо учитывать при оценке продуктивности скважин, подверженных массивированному ГРП. Также при анализе данных графиков видно, что фильтрационный поток в пласте к трещине, для случая невысокой проводимости последней, не является линейным. Распределение полей давления в пласте при наличии конечной проводимости трещины представлено на рис. 3. Как видно, поток жидкости в зоне пласта, пересеченной трещиной, не является линейным.

На рис. 4 и 5 приведены расчетные графики, а в таблице представлены данные по увеличению продуктивности скважины $\eta_{грп}/\eta$ (где $\eta_{до}$ – продуктивность скважины до

ГРП, $\eta_{грп}$ – продуктивность после ГРП) в зависимости от протяженности (L_T) и проницаемости трещины. Данные расчеты произведены также при условии, что скин-фактор до интенсификации был равен нулю, т.е. отсутствовало загрязнение призабойной зоны скважины.

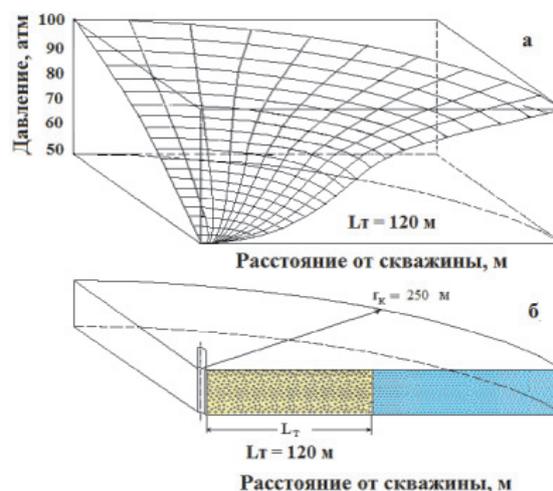


Рис. 3. Распределение давления в пласте при наличии сопротивления в трещине

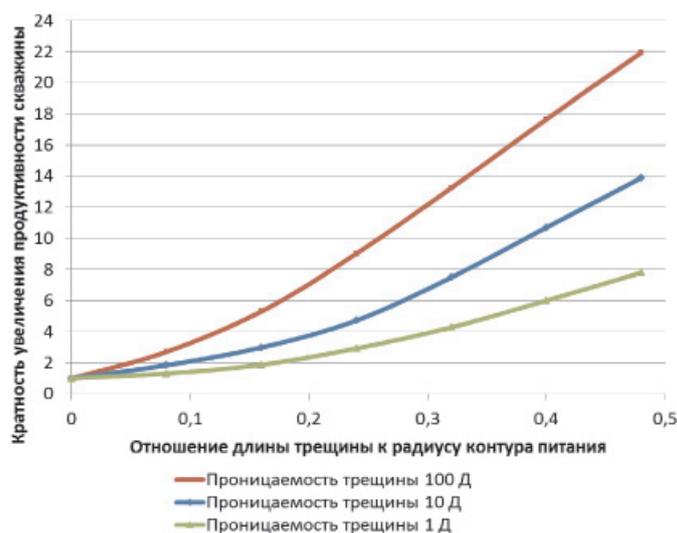


Рис. 4. Графики увеличения продуктивности скважины в зависимости от параметра $\alpha = L_m/R_k$ и проницаемости трещины ($S_{oo} = 0$)

Увеличение продуктивности скважины в зависимости от параметра α и проницаемости трещины, ($\alpha = L_T/R_k$)

Параметр	$\alpha = 0$	$\alpha = 0,08$	$\alpha = 0,16$	$\alpha = 0,24$	$\alpha = 0,32$	$\alpha = 0,40$	$\alpha = 0,48$
$k = 100 \text{ Д}$	1,00	2,71	5,31	9,01	13,25	17,65	21,94
$k = 10 \text{ Д}$	1,00	1,84	2,98	4,72	7,49	10,69	13,89
$k = 1 \text{ Д}$	1,00	1,31	1,87	2,92	4,28	6,01	7,81

Поскольку во время бурения фильтрат бурового раствора проникает в пласт и тем самым загрязняет призабойную зону скважин, значение скин-фактора в скважинах до ГРП всегда имеет плюсовые значения. Это необходимо учитывать при планировании и прогнозе увеличения продуктивности скважин после интенсификации. В этой связи также стоит задача по расчету увеличения продуктивности скважин с учетом скин-фактора до гидроразрыва пласта. Та-

кие расчеты были сделаны и представлены на рис. 6–8.

На рис. 6 представлен график увеличения продуктивности скважины после ГРП при проницаемости трещины 1 Д и для значений скин-фактора 5, 10, 15, 20 и 25. На рис. 7 представлен график увеличения продуктивности скважины после ГРП при проницаемости трещины 10 Д и для таких же значений скин-фактора. На рис. 8 все аналогично, но для трещины проницаемостью 100 Д.

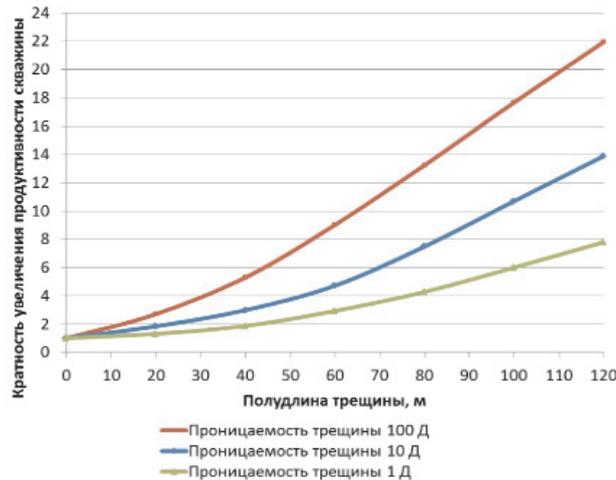


Рис. 5. Графики увеличения продуктивности скважины в зависимости от длины трещины и ее проницаемости, ($R_k = 250$ метров, $S_{до} = 0$)

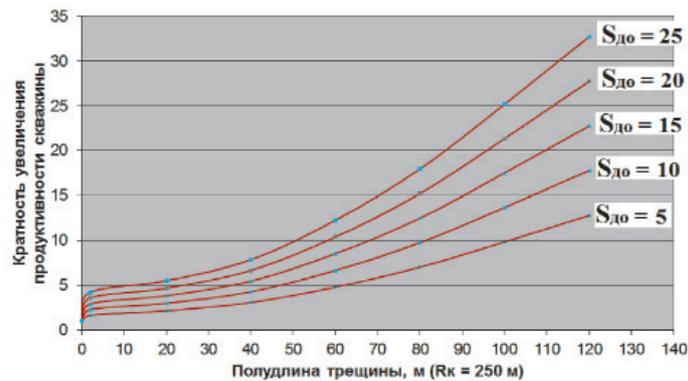


Рис. 6. График увеличения продуктивности скважины при проницаемости трещины 1 Д

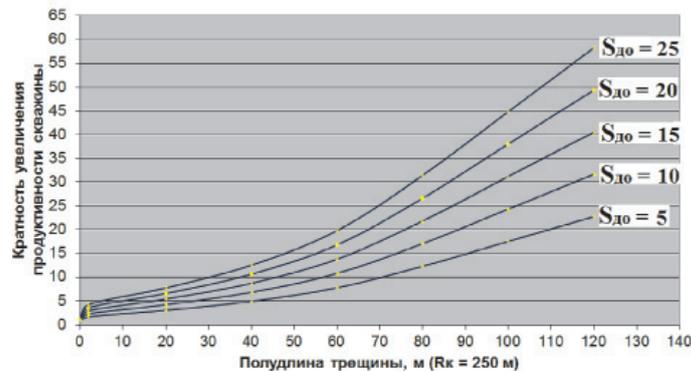


Рис. 7. График увеличения продуктивности скважины при проницаемости трещины 10 Д

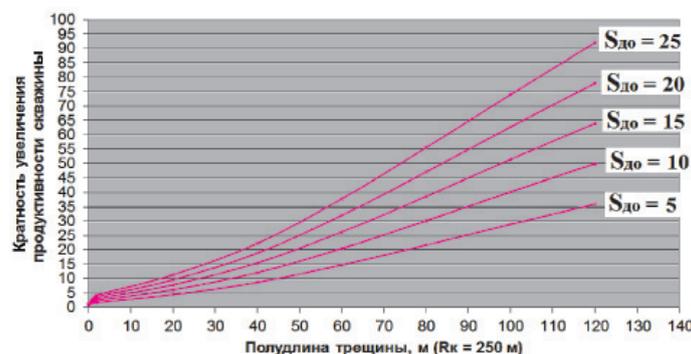


Рис. 8. График увеличения продуктивности скважины при проницаемости трещины 100 Д

Представленные графики (рис. 6–8) свидетельствуют, что на повышение продуктивности скважин после массивированного ГРП существенно влияет степень загрязнения в ПЗП, то есть скин-фактор, который был до ГРП. Видно, что для трещины проницаемостью 1 Дарси и длиной более 100 метров, при нулевом скин-факторе до ГРП продуктивность скважины увеличится более чем в шесть раз. Для этих же условий, но со скин-фактором равным 25 до ГРП, продуктивность скважины в результате обработки уже повысится более чем в 25 раз. Поэтому для оценки кратности повышения продуктивности после массивированного гидроразрыва пласта необходимо принимать во внимание значение скин-фактора до интенсификации.

Выводы

1. Разработана гидродинамическая модель фильтрации пластовой жидкости в системе «пласт – трещина – скважина», позволяющая наиболее достоверно решать стационарные задачи, связанные с технологией гидравлического разрыва пласта.

2. На основе численного моделирования решена задача и разработана методика по определению увеличения продуктивности скважин после МГРП, с трещиной конечной проводимости, а также при имевшем место загрязнении ПЗП до проведения интенсификации.

Список литературы

1. Бойко В.С. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений: учеб. для вузов. – М.: Недра, 1998. – 365 с.
2. Гриценко А.И., Методы повышения продуктивности скважин. – М.: ОАО «Издательство «Недра», 1997. – 364 с.
3. Каневская Р.Д. Математическое моделирование разработки месторождений нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта. – 1999.

4. Муслимов Р.Х. Методы повышения эффективности разработки нефтяных месторождений в поздней стадии // Вестник ЦКР РОСНЕДРА. – 2008. – № 1. – С. 12–18.

5. Саранча А.В. Определение продуктивности скважин при гидроразрыве пласта. А.В. Саранча, М.Л. Карнаухов // Известия высших учебных заведений. – 2007. – № 4. – С. 29–32.

6. Саранча А.В. Разработка и исследование методов оценки и интерпретации кривых восстановления давления в скважинах после гидроразрыва пласта: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Тюменский государственный нефтегазовый университет. – Тюмень, 2008.

References

1. Bojko V.S. Razrabotka i jekspluatacija neftjanyh mestorozhdenij: uceb. dlja vuzov. M.: Nedra, 1998. 365 p.

2. Gricenko A.I., Metody povyshenija produktivnosti skvazhin. M.: OAO «Izdatelstvo «Nedra», 1997. 364 p.

3. Kanevskaja R.D. Matematicheskoe modelirovanie razrabotki mestorozhdenij nefti i gaza s primeneniem gidravlicheskogo razryva plasta. 1999.

4. Muslimov R.H. Metody povyshenija jeffektivnosti razrabotki neftjanyh mestorozhdenij v pozdnej stadii // Vestnik CKR ROSNEDRA. 2008. no. 1. pp. 12–18.

5. Sarancha A.V. Opredelenie produktivnosti skvazhin pri gidrorazryve plasta. A.V. Sarancha, M.L. Karnauhov // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. 2007. no. 4. pp. 29–32.

6. Sarancha A.V. Razrabotka i issledovanie metodov ocenki i interpretacii krivyh vosstanovlenija davlenija v skvazhinah posle gidrorazryva plasta // avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskix nauk / Tjumenskij gosudarstvennyj neftegazovij universitet. Tjumen, 2008.

Рецензенты:

Грачев С.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Институт геологии и нефтегазодобычи, ФГБОУ «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень;

Сохошко С.К., д.т.н., заведующий кафедрой «Моделирование и управление процессами нефтегазодобычи», Институт геологии и нефтегазодобычи, ФГБОУ «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.

УДК 539.3:539.374

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОЙ СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

Сибгатуллин Э.С., Исламов К.Ф.

Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Naberezhnye Chelny, e-mail: cibes@mail.ru

В работе рассмотрена трёхслойная металлокерамическая полая сферическая оболочка (два наружных слоя – из мягкой стали, внутренний слой – из магнезита). Опираемость оболочки по контуру – шарнирная. Статическая внешняя нагрузка в виде сосредоточенной силы имеет произвольное направление и может быть приложена в любой точке оболочки. Решена задача о предельном состоянии оболочки (по прочности). Использован кинематический метод теории предельного равновесия. Для определения лучшей верхней оценки предельной нагрузки использован аппарат линейного программирования. Предварительно построены определённые сечения предельной поверхности для рассматриваемого слоистого материала в пространстве внутренних сил и моментов, которые аппроксимированы вписанными многогранниками, использован принцип максимума Мизеса для записи ограничений задачи линейного программирования. В результате решения задачи определены разрушающее значение внешней нагрузки и механизм разрушения оболочки.

Ключевые слова: полая сферическая оболочка, металлокерамика, предельная несущая способность по прочности

ESTIMATING THE BEARING CAPABILITY OF CERMET SPHERICAL SHELL

Sibgatullin E.S., Islamov K.F.

Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny Institute, Naberezhnye Chelny, e-mail: cibes@mail.ru

The three-layer metal-ceramic shallow spherical shell (the two outer layers are soft steel, the inner layer is magnesite) is considered at this work. The shell is supported by the hinge round contour. Static external load in the form of a concentrated force has an arbitrary direction and can be applied anywhere to the shell. Calculating the limiting strength state of the shell task is solved. The kinematic method of the limit equilibrium theory is used. The linear programming unit was used to determine the best upper bound limit load. Some specific cuts of the limiting surface of the multilayer material in the space of internal forces and moments were pre-build. Those cuts were approximated by inscribed polyhedras. The Mises' principle of maximum was used for deriving equations of the linear programming method limitations. The result of the task solving are identified destroying value of the external load and destroying mechanism of the shell.

Keywords: shallow spherical shell, cermet, ultimate bearing capacity by strength

Расчёт элементов конструкций с использованием уравнений теории пластичности позволяет лучше использовать прочностные ресурсы материалов и конструкций, создавать экономически более выгодные изделия. Решение полной системы нелинейных уравнений теории пластичности в общем случае представляет собой сложную математическую задачу. Поэтому при определении несущей способности конструкций часто используют

так называемые статический и кинематический методы теории предельного равновесия, основоположником которых является А.А. Гвоздев [1]. В данной работе для решения рассматриваемых задач использован кинематический метод.

В работе [2] получены параметрические уравнения гиперповерхности прочности (пластичности) для слоистых гибридных композитных оболочек и пластин в пространстве обобщенных сил T_{mi} :

$$T_{mi} = \sum_{j=1}^n \left[0,5 \sum_{k=1}^N \delta_{ik}^j (I_m^j \dot{e}_{0k} + I_{m+1}^j \dot{e}_{1k}) - \Delta_{ij}^j h_j z_j^m \right] / \Delta_j; \quad m = \overline{0,1}; \quad i = \overline{1,N}. \quad (1)$$

В случае кратковременного статического нагружения, например, эти уравнения принимают следующий вид:

$$T_i = \sum_{j=1}^n \left[0,5 \sum_{k=1}^3 \delta_{ik}^j (I_{1j} \dot{e}_k + I_{2j} \dot{x}_k) - \Delta_{ij} h_j \right] / \Delta_j;$$

$$M_i = \sum_{j=1}^n \left[0,5 \sum_{k=1}^3 \delta_{ik}^j (I_{2j} \dot{e}_k + I_{3j} \dot{x}_k) - \Delta_{ij} h_j z_j \right] / \Delta_j; \quad i = \overline{1,3};$$

$$Q_{31} = 0,25 \sum_{j=1}^n (N_j \dot{\gamma}_{1j} - M_j \dot{\gamma}_{2j}) I_{1j} / \theta_j; \quad (2)$$

$$Q_{32} = 0,25 \sum_{j=1}^n (K_j \dot{\gamma}_{2j} - M_j \dot{\gamma}_{1j}) I_{1j} / \theta_j.$$

Здесь и далее $T_\alpha \equiv T_{\alpha\alpha}$, $M_\alpha \equiv M_{\alpha\alpha}$ ($\alpha = \overline{1,2}$), $T_3 \equiv T_{12}$, $M_3 \equiv M_{12}$, Q_{31} , Q_{32} – обобщенные силы; $\dot{e}_1, \dot{e}_2, \dot{e}_3, \dot{\alpha}_1, \dot{\alpha}_2, \dot{\alpha}_3, \dot{\gamma}_1, \dot{\gamma}_2$ – скорости соответствующих обобщенных перемещений; h_j – толщина j -го слоя; z_j – координата срединной поверхности j -го слоя (в системе $\alpha_1 \alpha_2 z$, ось z перпендикулярна поверхности приведения S_0 оболочки, рис. 1); $z_{1j} < z_{2j}$ – координаты наружных поверхностей j -го слоя.

Определение несущей способности металлокерамической сферической оболочки выполняем с использованием варианта кинематического метода, описанного в работе [2].

В данном методе предполагается, что разрушение конструкции происходит вдоль отдельных бесконечно тонких слоев, перпендикулярных поверхности приведения S_0 , а области между ними остаются «жесткими».

Уравнение баланса мощностей имеет следующий вид [2]:

$$\sum_{k=1}^m \int_{l_k} N dl = \mu \int_S p_i^0 v_i dS + \int_S p_i^1 v_i dS. \quad (3)$$

Здесь l_k – длина k -й линии разрушения; m – число линий разрушения; S – площадь

поверхности приведения сил; N – мощность внутренних обобщенных сил, приходящаяся на единицу длины линии разрушения; v_i – компоненты вектора скорости движения точки оболочки, где приложена сила p_i ; μ – параметр, пропорционально которому растут внешние нагрузки. По повторяющемуся индексу i ($i = 1, 2, 3$) производится суммирование.

Предельную поверхность аппроксимируем выпуклым многогранником, i -ая вершина которого определяется вектором $\{\vec{R}_i^*, \vec{M}_i^*\}^T$, $i = \overline{1,k}$, k – число вершин аппроксимирующего многогранника. Здесь R_i, M_i – погонные силы и моменты, приложенные к сечению поверхности S_0 .

На мощности погонных внутренних сил и моментов на концах линий разрушения $O_1 O_2$ (рис. 1), развиваемые ими на разрывах скоростей соответствующих перемещений и поворотов, согласно постулату Друккера [2], можно наложить следующие ограничения [3]:

$$N_1 \geq \vec{R}_{1i}^* \Delta \vec{v}_1 + \vec{M}_{1i}^* \Delta \vec{\omega}, \quad i = \overline{1, k_1};$$

$$N_2 \geq \vec{R}_{2i}^* \Delta \vec{v}_2 + \vec{M}_{2i}^* \Delta \vec{\omega}, \quad i = \overline{1, k_2}. \quad (4)$$

Здесь k_1, k_2 – количество вершин предельных многогранников, подходящих точкам O_1 и O_2 соответственно.

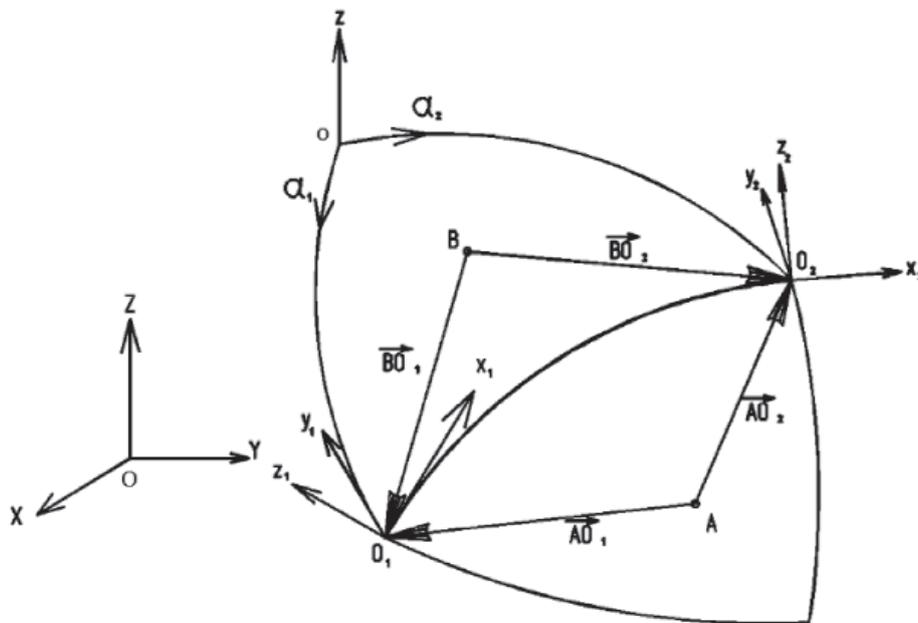


Рис. 1. Схема расположения линии разрушения $O_1 O_2$ на границе абсолютно жестких конечных элементов

Вдоль линий разрушения используем линейную аппроксимацию функции N . В итоге получаем следующую задачу линейного программирования: найти $\min m^+$, где

$$\mu^+ = 0,5 \sum_{k=1}^m (N_{1k} + N_{2k}) l_k - \sum_{j=1}^{n_2} (\vec{F}_j^1 \vec{v}_j + \vec{M}_j^1 \vec{\omega}_j) \quad (5)$$

при условии

$$\sum_{j=1}^{n_1} (\vec{F}_j^0 \vec{v}_j + \vec{M}_j^0 \vec{\omega}_j) = 1 \quad (6)$$

и при соблюдении ограничений вида (4). Здесь j – номер жесткого элемента; n_1 – число жестких элементов, на которые действуют нагрузки, зависящие от параметра m ; n_2 – число жестких элементов, на которые действуют нагрузки, не зависящие от параметра μ . Здесь внешние силы, действующие в пределах отдельного жесткого диска, приведены к его полюсу. Результатом этого являются сосредоточенные силы \vec{F}_j и сосредоточенные моменты \vec{M}_j , приложенные к соответствующим полюсам.

Рассмотрим трёхслойную составную оболочку с относительно небольшой стрелой подъёма, где два наружных слоя стальные, внутренний слой – керамический.

Характеристики слоёв приведены в табл. 1.

С использованием уравнений (2) были построены некоторые сечения гиперповерхности прочности для трёхслойной оболочки (рис. 2, 3, 4). Алгоритм построения аналогичных сечений проведён, например, в [4].

На рис. 5 показана проекция металло-керамической сферической оболочки с радиусом 1,3 м и диаметром опорной окружности 1 м на плоскость XOY (рис. 1), нагруженной в точке 5 сосредоточенной силой, направляющие косинусы которой равны $(0,5; 0,5; -0,7071)$; общая толщина оболочки – 22 мм; опирание – шарнирное по контуру. Здесь же показано разбиение на жесткие элементы и линии разрушения между ними. Прочностные характеристики слоёв и их толщины приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер слоя	Материал	Предел прочности на растяжение, МПа	Предел прочности на сжатие, МПа	Предел прочности на срез, МПа	Толщина слоя, мм
1	Сталь строительная	210	210	121,24	1
2	Магнезит	220	2480	127	20
3	Сталь строительная	210	210	121,24	1

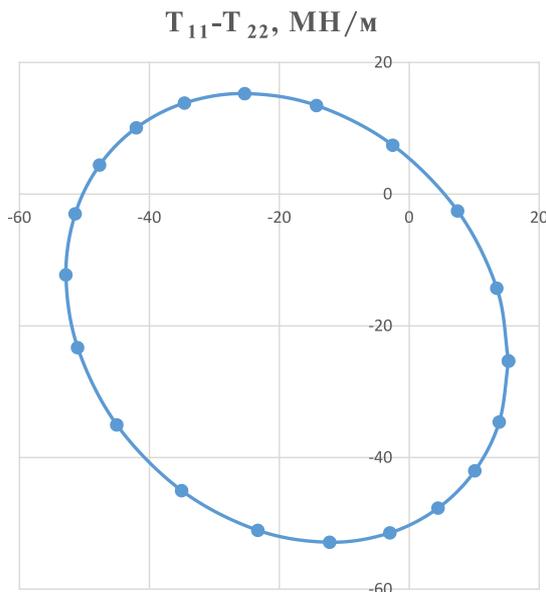


Рис. 2. Сечение гиперповерхности прочности плоскостью $T_{11}-T_{22}$ (МН/м)

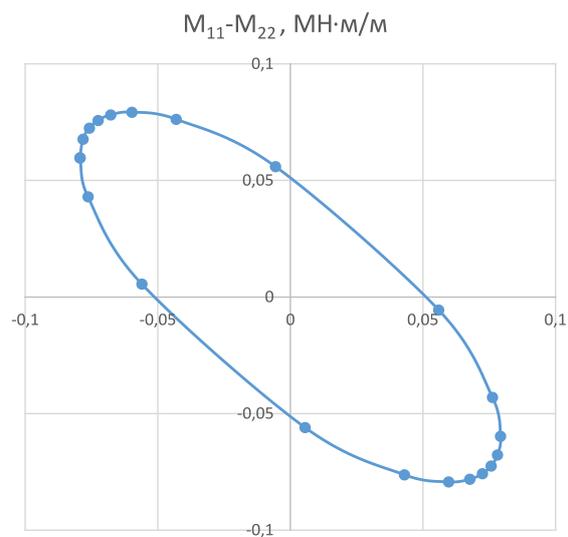


Рис. 3. Сечение гиперповерхности прочности плоскостью $M_{11}-M_{22}$ (МН·м/м)

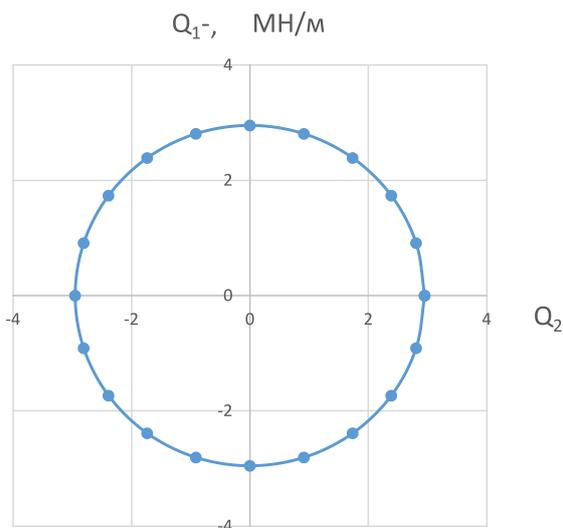


Рис. 4. Сечение гиперповерхности прочности плоскостью Q_1-Q_2 (МН/м)

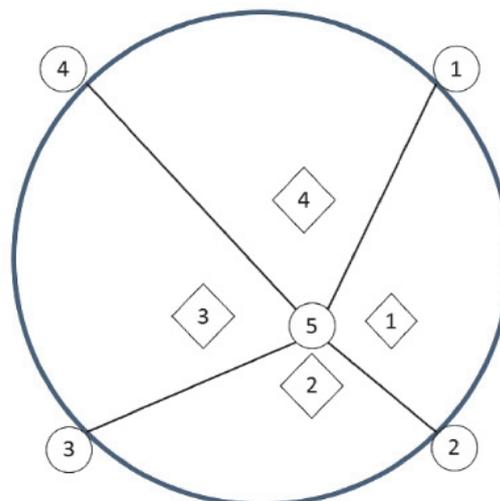


Рис. 5. Схема абсолютно жёстких конечных элементов

Таблица 2

Номер диска	v_x	v_y	v_z	ω_x	ω_y	ω_z
1	0,297712912	-2,60916E-10	0,425199463	-1,15351E-09	4,008818979	2,34017E-09
2	-0,011828885	-0,073201254	0,153232323	1,118379532	0,063881829	0,03692074
3	-0,112102382	0	0,295982852	0	-1,195951323	0
4	1,89042E-10	-0,327072792	-0,820870118	3,869618848	-2,46112E-09	6,83448E-10

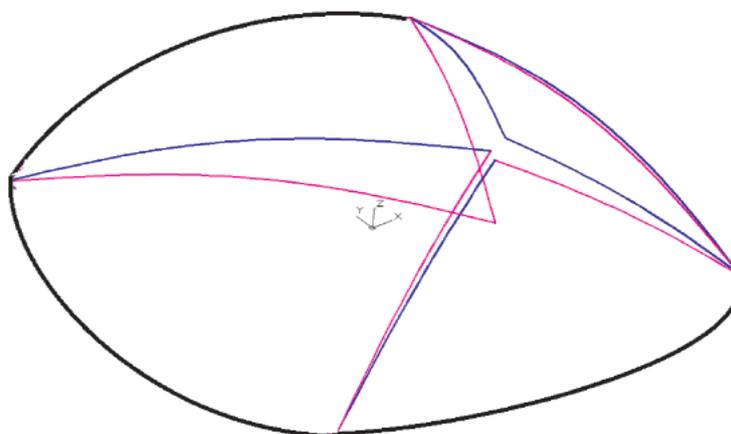


Рис. 6. Схема перемещений АЖКЭ

В результате решения соответствующей задачи линейного программирования получено значение $\mu^+ = 6,9686$ МН. В табл. 2 приведены соответствующие скорости перемещений полюсов жестких дисков v_x, v_y, v_z и их поворотов $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ относительно полюсов.

На рис. 6 показаны линии разрушения, построенные с использованием табл. 2.

На рис. 7 приведена схема распределения N вдоль линий разрушения, построенная с использованием табл. 3.

Здесь N_1 и N_2 являются мощностями, развиваемыми на концах линий разрушения; они имеют размерность МН/с.

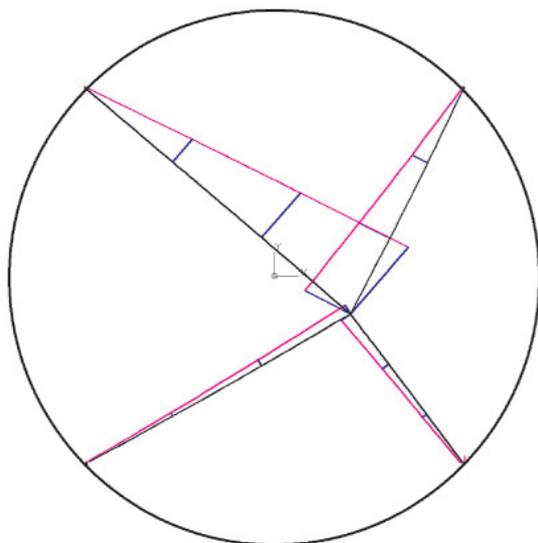
Рис. 7. Эпюры N

Таблица 3

Номер линии	N_1	N_2
1: 1–2	1,35805E-09	1,57143E-09
2: 2–3	0,074079904	0,08811367
3: 3–4	0	0
4: 4–1	6,00853E-09	3,17175E-09
5: 5–1	7,360269481	0,1344356
6: 2–5	0,241773329	1,593845102
7: 3–5	0,121253623	1,464734888
8: 4–5	0,121157338	12,78241597

В заключение отметим, что составленные нами соответствующие алгоритм и программа для ЭВМ позволяют достаточно эффективно решать задачи, аналогичные рассмотренной выше.

Список литературы

1. Гвоздев А.А. Расчет несущей способности конструкций по методу предельного равновесия. – М.: Стройиздат, 1949. – 280 с.
2. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1979. – 744 с.
3. Сибгатуллин Э.С. Математическое моделирование прочности и несущей способности анизотропных и композитных элементов конструкций: дис. ... д-ра физ.-мат. наук. – Набережные Челны, 2001. – 405 с.
4. Сибгатуллин Э.С., Исламов К.Ф. Рациональное армирование железобетонного купола с вырезами // Вестник Тамбовского политехнического университета. Серия Естественные и технические науки. – Тамбов, 2006. – Т. 11. – Вып. 4. – С. 579–582.
5. Терегулов И.Г., Сибгатуллин Э.С. Критерий разрушения для многослойных композитных пластин и оболочек // Механика композитных материалов. – 1990. – № 1. – С. 74–79.

References

1. Gvozdev A.A. Raschet nesushhej sposobnosti konstrukcij po metodu predelnogo ravnovesija. M.: Strojizdat, 1949. 280 p.
2. Rabotnov Ju.N. Mehanika deformiruемого твердого tela. M.: Nauka, 1979. 744 p.
3. Sibgatullin Je.S. Matematicheskoe modelirovanie prochnosti i nesushhej sposobnosti anizotropnyh i kompozitnyh jelementov konstrukcij: diss. doktora fiz.-mat. nauk. g. Nab. Chelny, 2001. 405 p.
4. Sibgatullin Je.S., Islamov K.F. Racionalnoe armirovanie zhelezobetonного kupola s vyrezami // Vestnik Tambovskogo politehnicheskogo universiteta. Serija Estestvennye i tehnicheckie nauki. Tambov. 2006. Tom 11. Vypusk 4. pp. 579–582.
5. Teregulov I.G., Sibgatullin Je.S. Kriterij razrushenija dlja mnogoslujnyh kompozitnyh plastin i obolochek // Mehanika kompozitnyh materialov. 1990. no. 1. pp. 74–79.

Рецензенты:

Астащенко В.И., д.т.н., профессор кафедры материалов, технологий и качества, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Набережные Челны;

Панкратов Д.Л., д.т.н., профессор кафедры машиностроения, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Набережные Челны.

УДК 504.05 (1-21)

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДА ГРОЗНЫЙ ОТ УГЛЕВОДОРОДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Усманов А.Х., Гайрабеков У.Т.

ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет», Грозный, e-mail: Gairabekov_u@mail.ru

Выявлены основные закономерности распределения химических элементов и органических соединений в геологической среде г. Грозный. Установлено, что распределение загрязнений нефтепродуктами по площади и разрезу крайне неравномерно. Максимальные концентрации наблюдаются на локальных участках, где были сосредоточены объекты нефтепромышленного производства, что необходимо учитывать при разработке плана рекультивационных работ. Исходя из выявленных закономерностей распределения нефтепродуктов в геологической среде, предложены два принципиально различных технологических подхода очистки геологической среды урбанизированной территории от нефтепродуктного загрязнения. Первый – собственно очистка, которая предусматривает непосредственное удаление загрязняющих веществ из геологической среды. Второй подход основан на подавлении активности контаминанта, например, путем его нейтрализации, разложения, связывания, локализации и т.д. С учётом почвенно-климатических особенностей данного района, состава и свойств нефти, а также функционального назначения территории разработан план научно обоснованных мероприятий по экологической реабилитации нефтезагрязнённых земель на территории г. Грозный.

Ключевые слова: нефтяной комплекс, аварийные и техногенные утечки, техногенные залежи нефтепродуктов, методы очистки геологической среды

RECOMMENDATIONS FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION REHABILITATION GEOLOGICALLY GROZNY FROM HYDROCARBON POLLUTION

Usmanov A.K., Gayrabekov U.T.

FGBOU IN «Chechen State University», Grozny, e-mail: Gairabekov_u@mail.ru

The basic patterns of distribution of chemical elements and organic compounds in the subsurface of Grozny. It was found that the distribution of oil pollution on the area and the cut is extremely uneven. The maximum concentration observed in the local areas where the oil industry was concentrated production facilities, which should be considered when developing a plan of remediation. Based on the identified patterns of distribution of petroleum in the subsurface, it offered two fundamentally different technological approach cleaning the geological environment of the urbanized area of nefteproduktного contamination. The first – the actual cleaning, which provides for the direct removal of pollutants from the geological environment. The second approach is based on inhibition of the activity of a contaminant, for example, by neutralization, decomposition, binding, localization and t.d. Given the soil and climatic characteristics of the region, the composition and properties of oil, as well as a functional purpose site plan developed evidence-based measures for environmental remediation of contaminated land in the city of Grozny.

Keywords: oil complex, emergency and man-made diversion, technogenic deposits of oil, cleaning methods of the geological environment

Известно, что добыча, переработка, хранение и транспортировка нефти сопровождаются аварийными и техногенными утечками, разливом нефти и продуктов её переработки на поверхность земли. Это приводит к их фильтрации в водоносные горизонты, в результате чего значительное количество нефтепродуктов скапливается в зоне аэрации, образуя на поверхности грунтовых вод плавающие линзы, частично растворяющиеся в подземных водах. Подвижность подземных вод приводит к тому, что они становятся мощным агентом переноса загрязнений от очага его формирования на большие расстояния с частичным выклиниванием скопившихся под землей нефтепродуктов в поверхностные водотоки и водоемы [8, 9, 12]. По данным В.В. Тетельмина, В.А. Язева (Тетельмин, Язев,

2009), удельные потери нефти в российских добывающих компаниях составляют в среднем 5,2 кг на тонну добытой нефти. Удельные потери предприятий нефтепереработки также велики и составляют в среднем 5,5 кг на тонну переработанной нефти. С учётом того, что промышленная добыча нефти в республике на 01.01.2001 г. по данным И.В. Истратова (Истратов, 2003), составила 313,6 млн т, а её переработка около 1,0 млрд т речь идёт о большом количестве разлитой нефти. Кроме того, в связи с военными действиями на территории Чеченской Республики, общие потери нефти в период с 1990 по 2004 гг. оцениваются в 14 млн т. Следовательно, примерные оценки возможных объемов техногенных залежей нефтепродуктов показывают, что они огромны для такой относительно

небольшой территории [3]. Следует отметить также, что эта проблема актуальна не только для Чеченской Республики, но и для многих нефтедобывающих стран и регионов Российской Федерации. Если в России этим проблемам серьезное внимание стали уделять лишь в последние десятилетия, то в промышленно развитых странах их изучением и решением занимаются многочисленные проектные и производственные компании и в ее разрешение вкладываются весьма крупные денежные средства. Опыт этих стран показывает, что если мелкие очаги загрязнения (сотни м²) удастся ликвидировать сравнительно быстро (за несколько лет), то локализация и ликвидация крупных очагов загрязнения растягивается на многие десятилетия. Особенно долговременным, трудоемким и дорогостоящим является процесс окончательной реабилитации геологической среды в связи с ее высокой инертностью относительно сформировавшегося загрязнения [6, 9, 12]. Поэтому выявление закономерностей распределения нефтепродуктов в геологической среде г. Грозный и разработка рекомендаций по минимизации техногенного воздействия на урбандиапазы представляет определенный методологический интерес.

Цель исследования – разработка рекомендаций по экологической реабилитации геологической среды г. Грозный, находящегося длительное время под воздействием предприятий нефтяного комплекса.

Материалы и методы исследования

Существующие методы очистки геологической среды от углеводородного загрязнения преследуют цели повышения эффективности и удешевления технологий, что определяет основные требования к подходам очистки: возможность применения метода *insitu*, в том числе на значительной глубине; селективность метода по отношению к определенным экотоксикантам; экологическую чистоту технологий и отсутствие побочных негативных явлений в экосистемах; относительно высокую степень и скорость очистки.

В основу работы легли результаты исследований, проводимых авторами по оценке воздействия объектов нефтяного комплекса на природно-антропогенную среду Чеченской Республики. В работе использованы фондовые материалы ОАО «Грознефтегаз», ФГУП «Чеченнефтехимпром», статистические и литературные источники по данной тематике.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ результатов исследований грунтов в пределах Заводского района г. Грозный, отобранных на этапе бурения скважин, показал чрезвычайно неравномерный уровень углеводородного загрязнения геологической среды. При этом следует учитывать то, что данная территория уже порядка 15–20 лет не выполняет своего функциональ-

ного назначения и на сегодня фактически является заброшенной. На ней отсутствуют источники поступления нефтепродуктов в геологическую среду.

Исследования показали, что практически в каждой скважине наблюдается индивидуальное распределение нефтепродуктов по вертикали. Это свидетельствует о существенном загрязнении только локальных участков, на которых и требуются основные рекультивационные работы.

Проблема восстановления территорий, загрязненных нефтепродуктами, чаще всего затруднена чрезвычайно высоким уровнем их загрязнения, препятствующим деятельности углеродоокисляющих бактерий и естественному самоочищению. В связи с этим в каждой конкретной ситуации, в зависимости от масштаба и характера распределения загрязнения, вырабатывается оптимальная технология рекультивации горных пород и заключенных в них подземных вод.

Исходя из выявленных закономерностей распределения нефтепродуктов в геологической среде г. Грозный, план мероприятий по экологической реабилитации территории сводится к следующему.

1. Откачка растворённых нефтепродуктов, накопившихся на уровне грунтовых вод, в восточной части площади, по мере их накопления, под контролем датчика уровня. Нефтепродукты, полученные в результате откачивания из нефтяных линз, предлагается отводить в специальную общую коллекторную систему для централизованной очистки и дальнейшего использования.

Откачанные загрязненные воды отводятся в наземные очистные сооружения, а очищенные закачиваются обратно в горизонт через водопоглощающие скважины, что позволяет осуществить локализацию и ликвидацию зон загрязнения грунтовых вод нефтепродуктами.

2. Дальнейшая очистка территории должна происходить за счет аборигенной микрофлоры с внесением питательных веществ и аэрированием через существующие и дополнительно пробуренные скважины. Данную процедуру необходимо проводить неоднократно при наличии аналитического контроля состояния твердой и жидкой фаз геологической среды. Утилизация остаточного загрязнения в грунтах до приемлемого уровня осуществляется методами биодеструкции углеводородов. Экологическая чистота санации достигается использованием аборигенной культуры без интродукции посторонних видов.

Загрязнение почв и грунтов г. Грозный углеводородами прежде всего связано с аварийными утечками нефти и продуктов её переработки, так как для данного района

характерна высокая степень изношенности оборудования. Существовавшие здесь крупнейшие в стране нефтеперерабатывающие заводы, нефтехимический комбинат и другие промышленные предприятия разрушены. При этом крупная промышленная свалка отходов нефтепереработки ПО «Грознефтеоргсинтез», расположенная в Андреевской долине, накопители и отстойники сточных вод продолжают оставаться источниками загрязнения подземных вод [9].

Источником поступления нефтепродуктов в подземные воды являются также и загрязненные почвы на исследуемой территории. На ней сформировались обширные поля повышенных концентраций органического углерода нефтяного происхождения вследствие утечек, разливов и т.д.

Вертикальное передвижение нефти вдоль почвенного профиля создает хроматографический эффект, приводящий к дифференциации состава нефти: в верхнем гумусовом горизонте сорбируются высокомолекулярные компоненты нефти, содержащие смолисто-асфальтовые вещества и циклические соединения. В нижние горизонты проникают низкомолекулярные соединения, имеющие более высокую растворимость в воде и более высокую диффузионную способность, чем высокомолекулярные компоненты. Легкие углеводороды, как правило, высокотоксичны и трудно усваиваются микроорганизмами, поэтому долго сохраняются в нижних частях почвенного профиля в анаэробных условиях.

В песчаных почвах создается сплошной фронт продвижения нефти. В тяжелых суглинках нефть проникает по трещинам вдоль корневых систем растений, сорбируется в отдельных горизонтах, определяя мозаичную, пятнистую картину загрязнения почвенного профиля. Чем сильнее увлажнена почва, тем меньше возможность внутрисочвенного закрепления нефти и тем выше активность ее радиального и латерального перемещения. В любых случаях превышение предельной для каждого уровня влажности нефтеёмкости субстратов приводит к стеканию избытка загрязнителя в нижние горизонты профиля почв и в почвенно-грунтовые воды.

При суглинистом составе субстратов основным механизмом поступления нефти в нижние горизонты почв и в подземные воды служит гравитационное стекание по ослабленным зонам – каналам миграции, что сопровождается насыщением нефтью мелких и крупных трещин и относительно слабым последующим «всасыванием» в мелкие капилляры и диффузией в межтрещинную массу [13].

В районе исследуемой территории условия загрязнения геологической среды разнятся. В западной части Заводского района раз-

виты преимущественно глинистые породы апшеронского и акчагыльского ярусов, поэтому условия формирования загрязненных нефтепродуктами и другими загрязняющими веществами подземных горизонтов хуже. Потому большая их часть разгружалась по склонам в р. Сунжа. В восточной части апшеронские отложения погружаются под толщу высокопроницаемых четвертичных отложений, создаются благоприятные условия для накопления нефтепродуктов в недрах и загрязнения ими подземных вод [7].

Необходимо отметить, что большинство разработок в области рекультивации почв предназначены для земель сельскохозяйственного назначения, а также территорий, используемых для рекреационных целей. Эти методики предполагают полное восстановление агрономических свойств почв. Разработав предложения по рекультивации почв с учетом всего комплекса выявленных загрязнений, на основе существующих канонов снижение их воздействия на загрязнение подземных вод предлагается осуществить методами с учетом климатических особенностей данного района и функционального использования территории: физическими; химическими; физико-химическими; биологическими. Эти методы формируют два принципиально различных технологических подхода.

Первый – собственно очистка – предусматривает непосредственное удаление загрязняющих веществ из геологической среды. Второй подход основан на подавлении активности контаминанта, путем его нейтрализации, разложения, связывания, локализации и т.д.

Наиболее известным методом удаления углеводородного загрязнения с поверхности грунтовых вод является откачка. Также эффективен метод совместной откачки, при котором скважина оборудуется двумя насосами. Преимуществом технологии является возможность последующего использования извлеченных нефтепродуктов.

Важнейшей характеристикой, влияющей на скорость и интенсивность процессов разложения углеводородов, является климат, и прежде всего тепловой режим и влагообеспеченность [2, 5]. Территория г. Грозный располагается в засушливой зоне. Климат характеризуется жарким и сухим летом, мягкой, малоснежной зимой. Коэффициент увлажнения составляет 0,45, количество осадков 300–400 мм в год. Средние температуры июля 20–24°C, января – 4°C [1, 3].

Среднегодовые температуры воздуха и почвенного покрова – основной фактор при прочих равных условиях, определяющий интенсивность микробиологического разложения нефти и нефтепродуктов. Опти-

мальная температура для разложения нефти и нефтепродуктов в почве – 20–37°C.

Для рассматриваемой территории, средние температуры поверхности оголенной почвы достигают значений 40–45°C. Длительность периода с дневными температурами свыше 20°C составляет 45 дней. Период с отрицательными температурами небольшой и составляет 30 дней. Эти данные говорят о том, что термический режим исследуемого региона весьма благоприятен для разложения нефтепродуктов. Лимитирующим климатическим фактором является влагообеспеченность. Преодолеть дефицит увлажнения и поддержать благоприятный водный режим почвы можно путем ее полива. Применять регулярный полив при рекультивации такого большого массива загрязненных земель в настоящее время невозможно.

В пределах Сунженского хребта почвенный покров представлен преимущественно черноземами и темно-каштановыми почвами. Черноземные почвы характеризуются высокой микробиологической активностью, максимумы которой приходятся на весенний и осенний периоды, когда в почвах создаются оптимальные гидротермические условия. Летом микробиологическая деятельность резко сокращается вследствие иссушения почв, а зимой в результате ее промерзания. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной, емкость поглощения очень высокая (до 70 мг/экв. на 100 г), почвенный поглощающий комплекс полностью насыщен основаниями. Таким образом, свойства почвенного покрова весьма благоприятны для самовосстановления [2, 5].

Большое количество опытных работ, выполненных в нашей стране и за рубежом, по рекультивации земель, загрязненных в процессе добычи углеводородного сырья, дают противоречивые результаты. Одни и те же мероприятия в различных природных условиях (и даже в различных микроландшафтах одной и той же территории) приводят к неодинаковому эффекту.

Практически все применяемые в России способы механического сбора поллютантов не обеспечивают необходимого уровня их удаления из почв и грунтов. Остаточная потенциально подвижная нефть приводит к «растягиванию» ореола загрязнения и расширению площади скрытого (внутрипочвенного) загрязнения, что приводит к ингибированию процессов микробиологической деструкции нефти и резкому уменьшению скорости процессов деградации нефтяных компонентов. Кроме того, необходим большой объем земляных работ, а высокая стоимость транспортировки и размещения отходов потребует значительных материальных затрат. Засыпка нефтезагрязненной терри-

тории сорбентами с последующим вывозом на полигоны отходов имеет те же недостатки, что и предыдущий метод.

Применение биопрепаратов наиболее эффективно, с экологической точки зрения, так как они позволяют проводить тонкую доочистку почв, загрязненных углеводородами. Но среди современных биопрепаратов нет препаратов широкого действия, одинаково эффективно работающих в разных геохимических условиях, в частности в разных горизонтах почвенного профиля. Кроме того, их применение также очень дорого [2].

Применяемые в стране методы технической и биологической рекультивации земель имеют недостатки, которые делают их или неэффективными, или дорогостоящими. Наиболее прогрессивные современные подходы к ликвидации последствий разливов нефти и нефтепродуктов на суше исходят из принципа «не навреди», что подразумевает применение методов всемерной стимуляции собственных возможностей природных систем, и прежде всего почв, к самовосстановлению. Поэтому, учитывая существующие благоприятные почвенно-климатические условия района, свойства самой нефти (легкая, с незначительным содержанием асфальтосмолистых веществ), назначение рекультивируемых участков и наконец сложность экономического положения, не позволяющего применять в настоящее время дорогостоящие биотехнологии, основным методом рекультивации для предотвращения поступления нефтепродуктов из загрязненных почв в подземные воды следует считать использование естественного метода восстановления почв. Естественный метод восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, обеспечивает активное протекание естественных процессов биоразложения нефтяных углеводородов в загрязненной почве. При этом восстановление загрязненных нефтью земель – многоэтапный процесс, каждая стадия которого соответствует определенной последовательности естественной геохимической и биологической деструкции поступивших в почвы нефтяных углеводородов. С учетом изложенного выше, для ускорения процессов деградации нефтепродуктов следует применять аэрацию почв и ее увлажнение, а в случае сильного загрязнения «разбавлять» незагрязненной почвой. При рекультивации очень сильно загрязненных почв хорошие результаты дает применение биопрепаратов «Биодеструктор», «Деградойл», «Деворойл» и др. Применение минеральных и органических удобрений, стимулирующих деятельность микроорганизмов, следует осуществлять с учетом результатов геохимического опробования почв.

Заклучение

Таким образом, благоприятные почвенно-климатические условия района, состав и свойства нефти, назначение восстанавливаемых участков (промышленная и сели-тебная зоны с разной степенью застройки) позволяют рассматривать как ведущий естественный метод рекультивации нефтезагрязнённых земель на территории г. Грозный.

Список литературы

1. Агроклиматический справочник по Чечено-Ингушской АССР. – Грозный: Чеч.-Инг. кн. изд-во, 1960. – 128 с.
2. Гайрабеков У.Т. Проблемы рекультивации нефтезагрязнённых земель урбандолин (на примере г. Грозный) // Британский журнал науки и образования. – Лондон: Университетская пресса, 2014. – № 1 (5). – Т. 3. – С. 101–107.
3. Гайрабеков У.Т. Разработка научно обоснованных мероприятий по экологической реабилитации почвогрунтов и подземных вод г. Грозный // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6 (часть 4). – С. 742–746.
4. Гайрабеков У.Т. Геоэкологическая оценка изменения ландшафта урбанизированной территории в результате длительного воздействия нефтяного комплекса (на примере г. Грозный) // Проблемы устойчивого развития горных районов Северного Кавказа в условиях глобальных изменений: исследования и практика: материалы Международной научно-практической конференции / отв. ред. У.Т. Гайрабеков. – 2014. – С. 288–294.
5. Гайрабеков У.Т., Усманов А.Х., Умарова М.З. Загрязнение недр Чеченской Республики нефтепродуктами на примере г. Грозного // Биологическое разнообразие Кавказа: XI Международная конференция г. Магас. (16–18 октября 2009 г.). – С. 426–429.
6. Гайрабеков У.Т., Дадашев Р.Х., Усманов А.Х. Геоэкологическая оценка воздействия техногенных залежей нефтепродуктов на геологическую среду г. Грозного // Естественные и технические науки. – 2009. – № 2 (40). – С. 245–249.
7. Гайрабеков У.Т., Усманов А.Х. Характер загрязнения геологической среды (ГС) и особенности рекультивации почв на территории г. Грозного с учетом почвенно-климатических условий. Естественные и технические науки. – 2010. – № 5. – С. 118–122.
8. Дадашев Р.Х., Гайрабеков У.Т., Усманов А.Х. Современное состояние проблемы техногенного загрязнения нефтепродуктами территории г. Грозного // Доклады адьгской (Черкесской) Международной Академии наук. – Нальчик, 2009. – Т. 11. – № 1. – С. 132–137.
9. Дадашев Р.Х., Гайрабеков У.Т., Усманов А.Х. Экологические проблемы техногенных залежей нефтепродуктов на территории г. Грозный: история и современность // Экологическая ситуация на Северном Кавказе: проблемы и пути их решения: матер. всерос. научно-практ. конф. – Грозный, 2008. – С. 278–286.
10. Истратов И.В. Горная геометрия и газонефтяная геология Северного Кавказа. – М.: ООО «Издательский Дом «Грааль», 2003. – 378 с.
11. Тетельмин В.В., Язев В.А. Геоэкология углеводородов: учебное пособие. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2009. – 304 с.
12. Усманов А.Х., Гайрабеков У.Т., Даукаев А.А., К проблеме обеспечения экологической безопасности на территории г. Грозный в связи с функционированием нефтяного комплекса // Экология урбанизированных территорий. – 2013. – № 2. – С. 60–63.
13. Усманов А.Х., Карнилов Ю.В. Проблема восстановления земель и водных объектов, загрязнённых нефтепродуктами (на примере г. Грозный) // Наука и высшая школа Чеченской Республики: перспективы развития межрегионального и международного научно-технического сотрудничества: межрегиональный Пагуошский симпозиум (22–24 апреля 2010 г., г. Грозный).
14. Gayrabekov U.T. Analysis of geoecological problems of Chechnya due to the impact of the oil-complex. Japanese Educational and Scientific Review, 2015, № 1. (9) (January-June). Vol. XI. «Tokyo University Press», 2015. – P. 345–351.

References

1. Agroklimaticheskij spravochnik po Checheno-Ingushskoj ASSR. Groznyj: Chech.-Ing. kn. izd-vo, 1960. 128 pp.
2. Gayrabekov U.T. Problemy rekultivacii neftezagryaznyonnyx zemel urbolandshaftov (na primere g. Groznyj). Britanskij zhurnal nauki i obrazovaniya. London: Universitetskaya pressa, 2014, no. 1 (5). T. 3. pp. 101–107.
3. Gayrabekov U.T. Razrabotka nauchno obosnovannyx meropriyatij po ekologicheskoj reabilitacii pochvogrunтов i podzemnyx vod g. Groznyj. Fundamentalnye issledovaniya, 2014. no. 6 (chast 4). pp. 742–746.
4. Gayrabekov U.T. Geoekologicheskaya ocenka izmeneniya landshafta urbanizirovannoj territorii v rezultate dlitel'nogo vozdejstviya nefyanogo kompleksa (na primere g. Groznyj). V sbornike: problemy ustojchivogo razvitiya gornyx rajonov Severnogo Kavkaza v usloviyax globalnyx izmenenij: issledovaniya i praktika. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Otvetstvennyj redaktor: U.T. Gayrabekov. 2014. pp. 288–294.
5. Gayrabekov U.T., Usmanov A.X., Umarova M.Z. Zagryaznenie neдр Chechenskoj Respubliki nefteproduktami na primere g. Groznogo. XI Mezhdunarodnaya konferenciya «Biologicheskoe raznoobrazie Kavkaza» g. Magas. (16-18 oktyabrya 2009 g.). pp. 426–429.
6. Gayrabekov U.T., Dadashev R.X., Usmanov A.X. Geoekologicheskaya ocenka vozdejstviya texnogennyx zalezhej nefteproduktov na geologicheskuyu sredu g. Groznogo // Estestvennye i texnicheskie nauki, 2009. no. 2 (40). pp. 245–249.
7. Gayrabekov U.T., Usmanov A.X. Karakter zagryazneniya geologicheskoy sredy (GS) i osobennosti rekultivacii pochv na territorii g. Groznogo s uchetom pochvenno-klimaticheskix uslovij. Estestvennye i texnicheskie nauki, no. 5, 2010. pp. 118–122.
8. Dadashev R.X., Gayrabekov U.T., Usmanov A.X. Sovremennoe sostoyanie problemy texnogennogo zagryazneniya nefteproduktami territorii g. Groznogo. Doklady adygskoj (Cherkesskoj) Mezhdunarodnoj Akademii nauk. Tom 11. no. 1. Nalchik, 2009. pp. 132–137.
9. Dadashev R.X., Gayrabekov U.T., Usmanov A.X. Ekologicheskie problemy texnogennyx zalezhej nefteproduktov na territorii g. Groznyj: istoriya i sovremennost' // Mater. vseros. nauchno prakt. konf. «Ekologicheskaya situaciya na Severnom Kavkaze: problemy i puti ix resheniya». Groznyj, 2008. pp. 278–286.
10. Istratov I.B. Gornaya geometriya i gazoneftyanaya geologiya Severnogo Kavkaza. M.: ООО «Izdatelskij Dom «Graal», 2003. 378 p.
11. Tetelmin V.V., Yazev V.A. Geoekologiya uglevodorodov. Uchebnoe posobie / Tetelmin V.V., Yazev V.A. Dolgoprudnyj: Izdatelskij Dom «Intellekt», 2009. 304 p.
12. Usmanov A.X., Gayrabekov U.T., Daukaev A.A., K probleme obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti na territorii g. Groznyj v svyazi s funkcionirovaniem nefyanogo kompleksa. Ekologiya urbanizirovannyx territorij no. 2, 2013 pp. 60–63.
13. Usmanov A.X., Karnilov Yu.V. Problema vosstanovleniya zemel i vodnyx obektov, zagryaznennyx nefteproduktami (na primere g. Groznyj). Mezhhregionalnyj Paguoshskij simpozium «Nauka i vysshaya shkola Chechenskoj Respubliki: perspektivy razvitiya mezhhregionalnogo i mezhdunarodnogo nauchno-texnicheskogo sotrudnichestva» (22–24 aprelya 2010 g., g. Groznyj).
14. Gayrabekov U.T. Analysis of geoecological problems of Chechnya due to the impact of the oil-complex. Japanese Educational and Scientific Review, 2015, no.1. (9) (January-June). Volume XI. «Tokyo University Press», 2015. pp. 345–351.

Рецензенты:

Махмудова Л.Ш., д.т.н., профессор, декан нефтетехнологического факультета, Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный;
 Магомедбеков У.Г., д.х.н., профессор, зав. кафедрой неорганической химии, Дагестанский государственный университет, г. Махачкала.

УДК 004.94

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВОСХОДЯЩЕГО ТИПА

Федосин А.С.

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»,
Саранск, e-mail: nsdfxela@gmail.com

Для достаточно точной и быстрой оценки величины электроэнергии, потребляемой в многоквартирных жилых домах, требуется применение специального программного обеспечения. Данная статья, наряду с описанием и классификацией известных подходов, представляет новый способ восходящего моделирования электроэнергии, основанный на SVM-регрессии. Для извлечения и обработки информации, а также непосредственно построения модели были использованы языки R (совместно с набором open-source библиотек) и SQL. Тренировка модели производилась на данных о потреблении электроэнергии жильцами многоквартирных домов г. Саранска Республики Мордовия. Кроме того, были использованы климатические данные и дополнительные сведения о квартирах и жильцах. Исходные данные подвергнуты процедурам очистки и восстановления пропущенных значений. Для оценки меры качества регрессии использован коэффициент детерминации, вычисленный для моделей на основе различных сочетаний регрессоров. Наилучший результат среди прочих показала «полная» модель. Представлены также результаты некоторых схожих ранее опубликованных исследований.

Ключевые слова: машина опорных векторов, электроэнергия, энергосбережение, регрессия, АСКУПЭ, восходящая модель

REGRESSION BOTTOM-UP MODEL FOR RESIDENTAL ELECTRICITY CONSUMPTION

Fedosin A.S.

Ogarev Mordovia State University, Saransk, e-mail: nsdfxela@gmail.com

For a fast and veracious energy evaluation of apartment houses, one needs simple energy analysis software. The paper begins with short description of known approaches and their classification. Then follows an information on new residential bottom-up energy consumption model technique based on support vector machine regression. SQL, R programming language and some open source packages were used to extract and transform data and build support vector machine. The model was trained on electricity consumption data on apartments located in Saransk, Mordovia. Climatic and additional residential data are also were used for modelling. Data cleaning and missing data imputation were carried out for all data sources. For evaluating regression's goodness of fit the study provides R-squared values for models built on different combinations of features. The obtained results confirm that full model's fitting goodness measured by R-squared is the best among trained ones. The results of the models are compared with those of previous studies.

Keywords: support vector machine, electricity, energy saving, regression, SCADA, bottom-up model

Известные подходы к моделированию потребления электроэнергии в жилых домах в общем случае можно разделить на две большие группы: «нисходящие» (top-down) и «восходящие» (bottom-up). Подобная терминология объясняется характером входных данных, а именно степенью их детализации, позицией в иерархии относительно множества жилых строений, для которого производится моделирование.

Оценку величины расходуемой электроэнергии при помощи нисходящих моделей применяют с целью определения взаимосвязей между этой величиной и параметрами, характеризующими объект исследования (регион или целую страну). В таких моделях как правило учитываются макроэкономические показатели.

Восходящие модели решают задачу оценки количества потребляемой энергии в отдельных домах, многоквартирных домах

(МКД) или группах зданий с целью экстраполяции результата на регион или страну. В рамках этой группы дополнительно выделяют статистические (statistical methods, SM) и инженерные методы (engineering methods, EM). Статистические методы основываются прежде всего на использовании исторических данных и применении регрессионного анализа с целью выявления взаимосвязей между величинами потребляемой электроэнергии для отдельных пользователей и жилого строения в общем.

Инженерные методы полагаются на характеристики здания и некоторые данные о конечном пользователе, не требуя при этом для своей работы никаких исторических сведений (для построения модели исторические сведения тем не менее могут быть использованы) [13].

Главным преимуществом восходящих моделей перед нисходящими, очевидно,

является возможность получения значений для объектов любых масштабов: от отдельных квартир до целых городов. В этом же заключаются и важнейшие недостатки такого подхода: более строгие требования, предъявляемые к данным, а также значительное усложнение вычислительных задач, решаемых при построении моделей.

Согласно описанным выше принципам классификации, модель, представленную в данной работе, можно отнести к восходящим моделям инженерного типа (bottom-up engineering model).

На протяжении нескольких десятилетий разработки в области таких моделей ведутся учеными из западных стран. В табл. 1 приведена сравнительная характеристика трех наиболее заслуживающих внимание, по мнению автора, моделей, разработанных в различных странах в разное время.

внимание на отдельных домовладениях, т.е. частных домах, принадлежащих, как правило, одной семье. Это вполне соответствует реалиям развитых западных стран: Канады, Франции, США, – но в то же время не совсем подходит для России. Следует отметить климатические различия, а также различия в менталитете, культуре и привычках потребителей из разных стран. Кроме того, заметное влияние могут оказывать принципы устройства системы коммунального хозяйства, доступность различных видов энергии (например, природного газа в России и Франции), макроэкономические факторы и т.д. Все это, по мнению автора, делает целесообразным изучение характерных особенностей российского потребителя энергоресурсов в целом и электроэнергии в частности на основе специально созданных моделей.

Таблица 1

Сравнение моделей, представленных в исследованиях [7, 9, 11]

Публикация	Страна	Количество записей	Значение R^2 (для частных домов)	Значение R^2 (для МКД)
[7]	Канада	3640	0,37 (природный газ) 0,79 (доступно только электричество)	–
[9]	США	1628	0,48 («зимняя») 0,52 («летняя»)	–
[11]	Франция	36955	0,35	0,34

Для количественной оценки и сравнения способности моделей «предсказывать» величину потребленной электроэнергии требуется определить специальный показатель, в качестве которого выбран коэффициент детерминации (R^2). Коэффициент детерминации может быть определен следующим образом:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y - X)^2}{\sum(Y - Y_{\text{сред}})^2},$$

где Y – фактические значения зависимой переменной; $Y_{\text{сред}}$ – среднее значение по фактическим данным; X – модельные значения, построенные (восстановленные) по оцененным параметрам.

Среди отечественных исследований подобные модели, к сожалению, не представлены должным образом. В то же время следует отметить, что результаты исследований, упомянутых выше, по мнению автора, не могут считаться применимыми к российским реалиям. На это существует целый ряд причин различной степени очевидности.

Заметной особенностью описанных выше исследований является то, что все они в большей степени акцентируют свое

Моделли потребления электроэнергии во многом определяются данными, на основе которых они строятся. Предложенный в данной статье подход описывает модель, обученную с применением данных из следующих источников

1. Сведения о потреблении электроэнергии, собранные при помощи системы АСКУПЭ, функционирующей на территории г. Саранска. Значения величины расхода детализированы до 1 дня и охватывают временной интервал 470 дней.

2. Информация биллинговой системы ООО «Саранский расчетный центр»: данные о конструктивных особенностях МКД, квартирах, их площадях и установленном оборудовании, а также сведения о жильцах.

3. Данные о внешней среде: продолжительность светового дня и температура воздуха, представленные в виде ежедневных значений в упомянутом выше временном интервале.

В основе подхода, описанного в данной статье, лежит метод опорных векторов. Метод опорных векторов (также известный как Машина опорных векторов, или SVM) – широко известная методология обучения по прецедентам, предложенная в 1995 году

В.Н. Вапником [3]. Исследователи отмечают, что способность обобщения метода SVM делает его более эффективным по устойчивости модели, чем у искусственных нейронных сетей и нечеткой логики. Время сходимости алгоритма регрессии SVM при краткосрочном прогнозировании меньше, чем у искусственных нейронных сетей, алгоритм имеет более высокую точность прогнозирования, меньшее количество регулируемых параметров [1].

Пусть имеется обучающая выборка $\{(x_1, y_1), \dots, (x_l, y_l)\} \subset \chi \times \mathbb{R}$, где χ определяет пространство входных значений. Задача ε -SV – регрессии состоит в нахождении функции $f(x)$, которая:

1) не считает за ошибки отклонения от y_i меньшие некоторого значения ε для всей обучающей выборки;

2) при этом является наименее чувствительной к различного рода искажениям и ошибкам, имеющим место во входных данных (flatness) [12].

Для простейших случаев, когда $f(x)$ является линейной функцией, мы можем сформулировать проблему в следующем виде:

$$f(x) = \langle w, x \rangle + b, \quad (1)$$

где $w \in \chi$, $b \in \mathbb{R}$; здесь $\langle \cdot, \cdot \rangle$ означает скалярное произведение в пространстве χ .

Выполнение условия (1) прежде всего подразумевает минимизацию значения

$$\|w\|^2 = w, w.$$

Минимизация в данном случае эквивалентна задаче квадратичного программирования с ограничениями типа неравенств: минимизировать

$$\|w\|^2 = w, w;$$

при условии

$$\begin{cases} y_i - \langle w, x_i \rangle - b \leq \varepsilon; \\ \langle w, x_i \rangle + b - y_i \leq \varepsilon. \end{cases} \quad (2)$$

Формулируя задачу (2), мы делаем предположение о существовании некоторой функции f , аппроксимирующей все пары значений (x_i, y_i) с точностью ε . Иными словами, мы полагаем, что задача (2) разрешима. Однако в некоторых случаях это может быть не так. Кроме того, мы можем ослабить наши ограничения и допустить наличие некоторого количества ошибочных значений. По аналогии с «алгоритмом с мягким зазором» (soft-margin-SVM) мы можем ввести дополнительные переменные ε_i и ε_i^* для решения подобных задач. Соот-

ветственно, формулировка задачи оптимизации примет вид:

минимизировать

$$\frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^l (\varepsilon_i + \varepsilon_i^*);$$

при условии

$$\begin{cases} y_i - \langle w, x_i \rangle - b \leq \varepsilon + \varepsilon_i^*; \\ \langle w, x_i \rangle + b - y_i \leq \varepsilon + \varepsilon_i; \\ \varepsilon_i, \varepsilon_i^* \geq 0. \end{cases}$$

Константа C определяет баланс между чувствительностью функции f к ошибкам и верхним пределом, при котором отклонения, большие чем ε , считаются приемлемыми.

В некоторых случаях более естественным представляется использование кусочно-линейной функции ε -чувствительности [12]:

$$|\xi|_\varepsilon := \begin{cases} 0, & \text{если } |\xi| \leq \varepsilon; \\ |\xi| - \varepsilon & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

По аналогии с задачей классификации, при работе с SVM-регрессией используют так называемые ядра (kernel functions).

Функция $K: X \times X \rightarrow \mathbb{R}$ называется ядром (kernel function), если она представима в виде $K(x, x') = \psi(x), \psi(x')$ при некотором отображении $\psi: X \rightarrow H$, где H – пространство со скалярным произведением [2].

Использование ядер является одним из способов сделать регрессионную модель, основанную на построении линейной разделяющей поверхности, нелинейной [12]. Основная суть этого способа заключается в переходе от исходного пространства X к новому пространству H с более высокой размерностью с помощью некоторого преобразования $\psi: X \rightarrow H$ [2].

Метод опорных векторов позволяет добиться хороших результатов при решении самых разнообразных задач. Один из известных подходов к работе с SVM предполагает следующую последовательность действий [8]:

1. Преобразовать исходные данные в формат используемой SVM-библиотеки.
2. Применить масштабирование.
3. Использовать радиально-базисное ядро

$$K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2), \quad \gamma > 0.$$

4. Использовать перекрестную проверку для нахождения лучших параметров C и γ .

5. Протестировать получившуюся модель.

Самая широко известная программная реализация алгоритма SVM представлена в виде библиотеки с открытым исходным кодом *libsvm*, разработанной в Национальном университете Тайваня. Существует большое количество программных интерфейсов, позволяющих относительно легко использовать *libsvm* совместно с различными языками и платформами. В данном исследовании для моделирования был использован язык *R*, который, будучи изначально спроектированным в качестве инструмента статистического анализа, предоставляет широкие возможности для работы с данными.

Архитектура системы анализа данных о потреблении электроэнергии, построенной в рамках исследования, определяется прежде всего источниками данных. Основные сведения, описывающие величину потребленной в жилых помещениях электроэнергии, поступают из АСКУПЭ в виде «плоских» файлов с разделителем. При помощи ETL-процесса эти сведения загружаются в базу данных биллинга, работающую под управлением Microsoft SQL Server 2008. Специально разработанный набор хранимых процедур предоставляет интерфейс для доступа к нужной информации со стороны *R*-кода. Данные о погоде и продолжительности светового дня, использованные при создании описываемой модели, получены при помощи специальных *R*-пакетов: *weatherData* и *maptools*.

Сведения, извлеченные из базы, в соответствии с описанным выше алгоритмом, нуждаются в предварительной обработке. Прежде всего, чтобы рассчитать потребленный за некоторый временной промежуток объем электроэнергии L , мы должны найти разность двух показаний:

$$L = V - V',$$

где V и V' – показания прибора учета на конец и начало временного промежутка соответственно.

Кроме того, данные, полученные из АСКУПЭ, нуждаются в очистке [4]. С целью выявления ошибочных данных во временных рядах может быть использована иерархическая кластеризация [10].

В качестве критерия подобия временных рядов выбрано евклидово расстояние, являющееся геометрическим расстоянием в многомерном пространстве [6]:

$$\rho(t, t') = \sqrt{\sum_i^n (t - t')^2},$$

где t и t' – некоторые временные ряды.

На основании матрицы подобия, содержащей значения евклидова расстояния

для всех возможных пар временных рядов с помощью встроенной функции *hclust* производится кластеризация. Наиболее подходящим для нас будет результат, при котором все «нетипичные» временные ряды попадут в одни кластеры, а корректные, «типичные» – в другие. Для этого рекомендуется устанавливать количество кластеров равное [10]

$$nc = \max\left(2, \frac{n}{10}\right).$$

В результате процедуры очистки группы, содержащие «нетипичные» временные ряды, должны быть отброшены.

Еще одной проблемой, с которой исследователи неизбежно сталкиваются при работе с «реальными» источниками данных, является наличие пропущенных значений. Для языка *R* разработан многофункциональный пакет *timeSeries*, который среди большого множества инструментов анализа временных рядов предлагает разработчикам несколько подходов к решению проблемы отсутствующих данных. При создании описываемой в данной статье модели использовалась функция *interpNA*, содержащаяся в вышеупомянутом пакете и позволяющая восполнить пропущенные значения при помощи линейной интерполяции.

Согласно [8], точность SVM можно увеличить, если к имеющимся данным применить операцию масштабирования. Рекомендуется применять линейное масштабирование, в результате которого значения каждого из атрибутов будут лежать в диапазоне $[-1, +1]$ или же $[0, 1]$ (в данном исследовании использован второй вариант).

Категориальные атрибуты представлены в виде векторов вещественных чисел, причем для представления атрибута с m категориями используются m чисел. Например, переменная, описывающая тип стен многоквартирного дома и принимающая значения из множества {‘кирпичные’, ‘деревянные’, ‘бетонные’}, может быть представлена в виде трех векторов $\{0, 0, 1\}$, $\{0, 1, 0\}$, $\{1, 0, 0\}$.

Результурующий набор данных содержит порядка 6000000 суточных значений. Данные представлены следующими регрессорами: Площадь дома, Этаж, Площадь квартиры, Количество проживающих, Средний возраст проживающих, Время суток, Дата постройки, Среднесуточная температура, Продолжительность светового дня, Тип кровли, Тип фундамента, Тип отопления, Тип стен.

Таблица 2

Значения коэффициента детерминации для построенных моделей

№ п/п	Использованные регрессоры	МКД с электрическими плитами (R^2)	МКД с газовыми плитами (R^2)
1.	Полный набор регрессоров	0,724	0,390
2.	(1) за исключением «Тип крыши»	0,720	0,377
3.	(1) за исключением «Средний возраст проживающих»	0,684	0,330
4.	(1) за исключением «Дата постройки здания»	0,692	0,367
5.	(1) за исключением «Среднесуточная температура», «Продолжительность светового дня»	0,707	0,382
6.	(1) за исключением «Площадь дома», «Площадь квартиры»	0,691	0,367
7.	(1) за исключением «Количество проживающих»	0,712	0,383

Процедура обучения модели на основе машины опорных векторов в рамках данного исследования включает в себя следующие этапы:

а) Извлечение случайной выборки из набора имеющихся значений.

Имеющийся массив данных достаточно велик, и время, которое потребуется для обучения машины опорных векторов на его основе, может измеряться сутками.

б) Разбиение данных на 2 части: обучающий (2/3 от изначального количества записей) и тестовый (1/3 от изначального количества записей) наборы.

в) Подбор наиболее оптимальных значений C и γ на основе обучающего набора данных.

г) Оценка результативности модели на основе тестового набора данных.

Подбор параметров (или, точнее, гиперпараметров) C и γ для RBF-ядра может быть осуществлен с помощью специальной техники сеточного поиска (grid search) [5].

Большая часть многоквартирных домов в г. Саранске в соответствии со своими конструктивными особенностями подразумевают использование жильцами для приготовления пищи газовых плит. Проживающие в остальных домах используют с той же целью электроплиты. По аналогии с моделью, описанной в [7], все данные изначально были разделены по принципу доступности ресурсов в МКД на две группы: квартиры, оборудованные газовыми плитами, и квартиры, оборудованные электроплитами. Значения R^2 , рассчитанные для моделей при сравнении с результатами, представленными в табл. 1, позволяют говорить о приемлемом качестве разработанных моделей. Следует отметить, что количественная оценка влияния каждого из факторов на зависимую величину при использовании радиально-базисного ядра не представля-

ется возможной. Однако, исследуя модели, построенные на основе различных наборов регрессоров, можно определить тот из них, который обеспечивает наилучшее соответствие модели данным. Согласно данным из табл. 2, наилучшие значения коэффициента детерминации достигнуты при использовании всех признаков.

Список литературы

1. Аль Зихери Б.М. Повышение точности краткосрочного прогнозирования электрической нагрузки потребителей региона с учетом метеофакторов на основе метода опорных векторов: дис. ... канд. тех. наук. – Новочеркасск. 2015. – С. 24–25.
2. Воронцов К.В. Лекции по методу опорных векторов [Электронный ресурс] // Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук: сайт. – URL: <http://www.ccas.ru/voron/download/SVM.pdf> (дата обращения 15.09.2015).
3. Машина опорных векторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=SVM> (дата обращения 15.09.2015).
4. Федосин А.С., Савкина А.В. Проблемы качества данных в автоматизированных системах коммерческого учета потребления энергоресурсов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2014. – № 2. – С. 158–164.
5. Bergstra J. Random Search for Hyper-Parameter Optimization / J. Bergstra, Y. Bengio // Journal of Machine Learning Research. – 2012. – № 13, February. – P. 281–305.
6. Chicco G. Comparisons Among Clustering Techniques for Electricity Customer Classification / G. Chicco, R. Napoli, F. Piglione // IEEE Transactions on Power Systems. – 2006. – Vol. 21, № 2, May. – P. 933–940.
7. Douthitt R.A. An economic analysis of the demand for residential space heating fuel in Canada // Energy. – 1989. – Vol. 14, № 4. – P. 187–197.
8. Hsu C.-W. A practical guide to support vector classification [Electronic resource] / C.W. Hsu, C.C. Chang, C.J. Lin. – Режим доступа: <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/papers/guide/guide.pdf> (дата обращения: 15.09.2015), свободный – Загл. с экрана. – Яз. англ.
9. Kavousian A.A. Method to Analyze Large Data Sets of Residential Electricity Consumption to Inform Data-Driven Energy Efficiency [Electronic resource] / A. Kavousian, R. Rajagopal, M. Fischer. – Режим доступа: http://cife.stanford.edu/sites/default/files/WP130_0.pdf (дата обращения: 15.09.2015), свободный – Загл. с экрана. – Яз. Англ.

10. Loureiro A., Torgo, L., Soares C. Outlier Detection Using Clustering Methods: a data cleaning application [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dcc.fc.up.pt/~ltorgo/Papers/ODCM.pdf> (дата обращения: 15.09.2015).

11. Risch A., Salmon C. What matters in Residential Energy Consumption? Evidence from France application [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hal.univ-savoie.fr/hal-01081953/document> (дата обращения: 15.09.2015).

12. Smola A.J. A tutorial on support vector regression / A.J. Smola, B. Schölkopf // *Statistics and Computing*. – 2004. – Vol. 14, № 3, August. – P. 199–222.

13. Swan L.G. Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques / L.G. Swan, V.I. Ugursal // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2009. – № 13. – P. 1819–1835.

References

1. Al Ziheri B.M. Povyshenie tochnosti kratkosrochnogo prognozirovaniya jelektricheskoy nagruzki potrebitelej regiona s uchedom meteofaktorov na osnove metoda opornyh vektorov (Improvement of power load short-range forecasting accuracy with meteorological factors using Support vector machines), *No-vocherkassk*, 2015, pp. 24–25.

2. Voroncov K.V. Lekcii po metodu opornyh vektorov (Lectures on Support vector machine), Available at: <http://www.ccas.ru/voron/download/SVM.pdf> (accessed 15 September 2015).

3. Mashina opornyh vektorov (Support vector machine) Available at: <http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=SVM> (accessed 15 September 2015).

4. Fedosin A.S., Savkina A.V. Problemy kachestva dannyh v avtomatizirovannyh sistemah kommercheskogo ucheta potrebleniya jenergoresursov [Data quality issues for energy management systems]. *Prikaspijskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii [Caspian Journal: Management and High Technologies]*, 2014, no. 2, pp. 158–164.

5. Bergstra J. Random Search for Hyper-Parameter Optimization / J. Bergstra, Y. Bengio // *Journal of Machine Learning Research*. 2012. no. 13, February. pp. 281–305.

6. Chicco G. Comparisons Among Clustering Techniques for Electricity Customer Classification / G. Chicco, R. Napoli,

F. Piglione // *IEEE Transactions on Power Systems*. 2006. Vol. 21, no. 2, May. pp. 933–940.

7. Douthitt R.A. An economic analysis of the demand for residential space heating fuel in Canada // *Energy*. 1989. Vol. 14, no. 4. pp. 187–197.

8. Hsu C.-W. A practical guide to support vector classification [Jelektronnyj resurs] / C. W. Hsu, C.C. Chang, C.J. Lin. *Rezhim dostupa: http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/papers/guide/guide.pdf* (data obrashhenija: 15.09.2015), *svobodnyj Zagl. s jekrana. Jaz. angl.*

9. Kavousian A.A. Method to Analyze Large Data Sets of Residential Electricity Consumption to Inform Data-Driven Energy Efficiency [Jelektronnyj resurs] / A. Kavousian, R. Rajagopal, M. Fischer. *Rezhim dostupa: http://cife.stanford.edu/sites/default/files/WP130_0.pdf* (data obrashhenija: 15.09.2015), *svobodnyj Zagl. s jekrana. Jaz. angl.*

10. Loureiro A., Torgo, L., Soares C. Outlier Detection Using Clustering Methods: a data cleaning application [Jelektronnyj resurs]. *Rezhim dostupa: http://www.dcc.fc.up.pt/~ltorgo/Papers/ODCM.pdf* (data obrashhenija: 15.09.2015).

11. Risch A., Salmon C. What matters in Residential Energy Consumption? Evidence from France application [Jelektronnyj resurs]. *Rezhim dostupa: http://hal.univ-savoie.fr/hal-01081953/document* (data obrashhenija: 15.09.2015).

12. Smola A.J. A tutorial on support vector regression / A.J. Smola, B. Schölkopf // *Statistics and Computing*. 2004. Vol. 14, no. 3, August. pp. 199–222.

13. Swan L.G. Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques / L.G. Swan, V.I. Ugursal // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2009. no. 13. pp. 1819–1835.

Рецензенты:

Косников Ю.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Информационно-вычислительные системы», Пензенский государственный университет, г. Пенза;

Смогунов В.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики и графики, Пензенский государственный университет, г. Пенза.

УДК 620.179.162

ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16, ПОЛУЧЕННЫХ СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

¹Чумаевский А.В., ^{1,2}Рубцов В.Е., ^{1,2}Колубаев Е.А., ^{1,2}Тарасов С.Ю.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, e-mail: rvy@ispms.ru;

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск

Проведены исследования сварных соединений алюминиевого сплава Д16, полученных сваркой трением с перемешиванием. Дефектоскопия проводилась с корневой стороны шва с использованием современного вихретокового дефектоскопа «Ectane» производства компании «Eddyfi» на специализированном стенде. В качестве датчика применялся матричный вихретоковый преобразователь, что позволяло контролировать всю ширину сварного соединения и околосварную зону. Разработана методика выявления поверхностных дефектов вихретоковым методом на сварных швах, полученных сваркой трением с перемешиванием. Показано, что разработанная методика позволяет выявлять дефекты рельефа поверхности, поры и несплошности в поверхностном слое сварного соединения при скорости сканирования до 25 мм/с. Наглядно продемонстрировано, что наиболее опасный с эксплуатационной точки зрения вид дефекта – непровар корня шва, достоверно определяется данным методом.

Ключевые слова: сварка трением с перемешиванием, вихретоковый контроль, непровар корня шва

EDDY CURRENT APPLICATION FOR DETECTION OF DEFECTS IN ALUMINUM ALLOY D16 (2024) WELDED JOINTS, PRODUCED BY FRICTION STIR WELDING

¹Chumaevskiy A.V., ^{1,2}Rubtsov V.E., ^{1,2}Kolubaev E.A., ^{1,2}Tarasov S.Y.

¹Institute of Strength Physics and Materials Science of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, e-mail: rvy@ispms.ru;

²National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Studies of aluminum alloy D16 (2024) welds, produced by friction stir welding have been carried out. A non-destructive testing was conducted along the root side of a seam, using modern eddy current equipment «Ectane» by manufacturer «Eddyfi» on the purpose-designed stand. The eddy current array sensor was used, which allows testing the wide of seam as well as the welding zone. The procedure for reveals of surface and subsurface flaws in seams, produced by friction stir welding, using the eddy current method has been elaborated. It has shown that the procedure provides the detection of such flaws as surface defects, pores and imperfections in subsurface layer of the weld joint at the scanning velocity up to 25 mm/s. It has been demonstrated that the most dangerous flaw from an operational point of view – the lack of root penetration, reliably determined by the method.

Keywords: friction stir welding, eddy current testing, lack of root penetration

В настоящее время для производства корпусных элементов, изготавливаемых из алюминиевых сплавов, широко применяется сварка трением с перемешиванием (СТП) [1]. Данным методом возможно получение неразъемных качественных соединений даже из тех сплавов, которые не поддаются электродуговой или аргонодуговой сварке, что особенно важно для разработки и усовершенствования корпусных элементов с повышенной прочностью и сниженными габаритами и массой. В последние годы данный вид сварки широко применяется рядом крупных авиакомпаний, таких как «Boeing», «Airbus» и др. В Российской Федерации в промышленном масштабе СТП используется, в частности, на ЗАО «Чебоксарское предприятие “Сеспель”» при изготовлении герметичных емкостей для автомобильных полуприцепов, предна-

значенных в том числе для перевозки опасных грузов. Следует отметить, что сварным соединениям, получаемым данным методом, присущ специфический набор дефектов, отличных от дефектов, характерных для сварки плавлением, что требует разработки комплексной методики диагностики качества получаемых швов [3–5].

В ранее проведенных работах была разработана методика выявления дефектов в объеме шва с применением ультразвукового и рентгеновского методов контроля. Для ультразвукового метода с использованием фазированной антенной решетки показано, что данным методом возможно определение дефектов по всему объему сварного шва с высокой степенью достоверности полученных результатов [2].

Но, помимо дефектов, находящихся в объеме шва, существенное влияние на

прочность соединения оказывают поверхностные дефекты, такие как непровар корня шва, поры и трещины в поверхностном слое и др. Одним из наиболее высокопроизводительных и точных методов, позволяющих выявлять дефекты, расположенные в поверхностном слое или в тонком приповерхностном слое, является вихретоковый метод контроля. В данном случае для контроля дефектов использовался измерительный комплекс с матричным вихретоковым преобразователем «Ectane» производства компании «Eddyfi». Использование матричного датчика позволяет за один проход вдоль сварного соединения обнаруживать дефекты по всей ширине шва и околосварной зоны.

Целью данной работы является выявление дефектов в поверхностном слое сварных СТП-соединений алюминиевых сплавов с применением матричного вихретокового преобразователя и разработка методики вихретокового контроля данных соединений.

Материалы и методы исследования

Ввиду высокой шероховатости соединений с лицевой стороны шва их исследование с данной стороны является затруднительным, поэтому сканирование проводится с корневой стороны соединения. Кроме того, сканирование целесообразно проводить именно с корневой стороны шва, так как здесь может находиться наиболее опасный дефект СТП-соединений – непровар корня шва.

Для исследований выбраны образцы алюминиевого сплава Д16 толщиной от 5 до 10 мм. Сканирование проводили с использованием матричного вихретокового датчика (преобразователя), закрепленного в подпружиненной вилке, установленной на дефектоскопическом стенде (рис. 1, а). Датчик подключался к вихретоковому дефектоскопу. Для отсчета расстояния при построении скана использовался датчик пути (энкодер), также подключенный к дефектоскопу. При

сканировании вихретоковый датчик перемещался с постоянной скоростью и записывался скан сварного соединения и околосварной зоны шириной около 50 мм с использованием штатного программного обеспечения дефектоскопа.

Частота и амплитуда сигнала дефектоскопа подбирались эмпирическим путем для получения максимально информативной картины и контрастного проявления дефектов на скане. По результатам подбора частота импульсов составила 400 кГц, амплитуда – 5 В. Такие параметры сигнала оказались оптимальными для выявления дефектов, расположенных на поверхности.

Главной целью проведения вихретоковой дефектоскопии было выявление непровара корня шва (рис. 1, б). Данный дефект в поперечном сечении характеризуется наличием несплошности, расположенной вдоль так называемой стыковой линии по границе соединяемых листов металла.

При наличии непровара корня шва разрушение образцов при механических испытаниях на растяжение происходит именно по нему. Исследования характеристик дефектов в настоящей работе производились путем вихретокового контроля с последующим изучением поперечных металлографических шлифов для идентификации типа дефекта.

Для настройки и калибровки прибора использовался эталонный дефект шириной 300 мкм и глубиной 300 мкм (рис. 2).

В работе для определения области нахождения дефекта анализировалось 2D-изображение области сканирования (рис. 2, а), а для получения численной информации о распределении сигнала вдоль дефекта 3D-изображение области дефекта. При дефектах с большой шириной раскрытия и глубиной амплитуда вихретокового сигнала может достигать до 2–5 вольт, в представленном случае – 2 вольта. Вид сигнала в поперечном сечении зависит от ширины дефекта и от скорости сканирования. Сигнал от эталонного дефекта при выбранной скорости сканирования имеет П-образный вид. После калибровки и балансировки катушек матричного преобразователя производилась съемка вихретокового скана сварного шва и анализ полученных результатов.

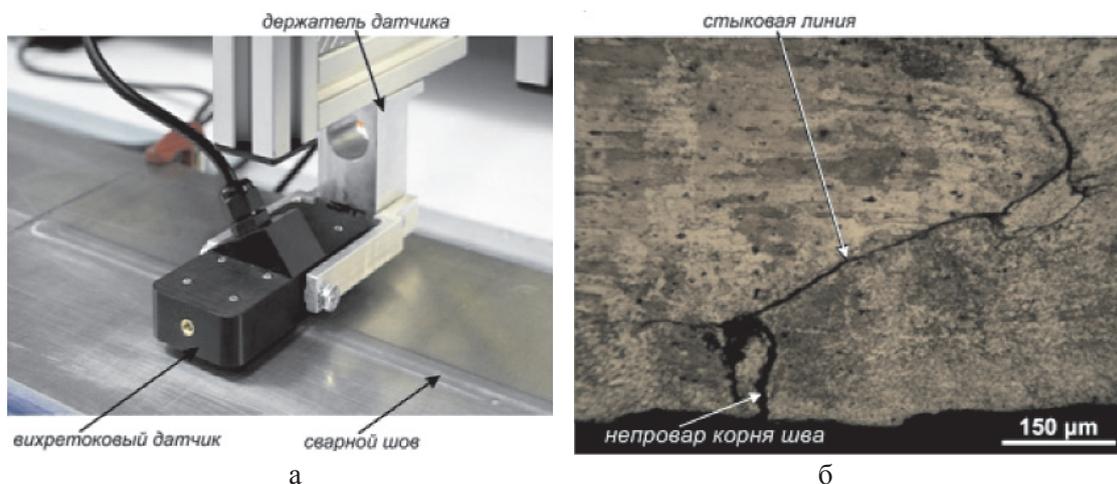


Рис. 1. Общий вид установленного датчика для вихретокового контроля (а) и металлографическое изображение основного определяемого типа дефекта (б)

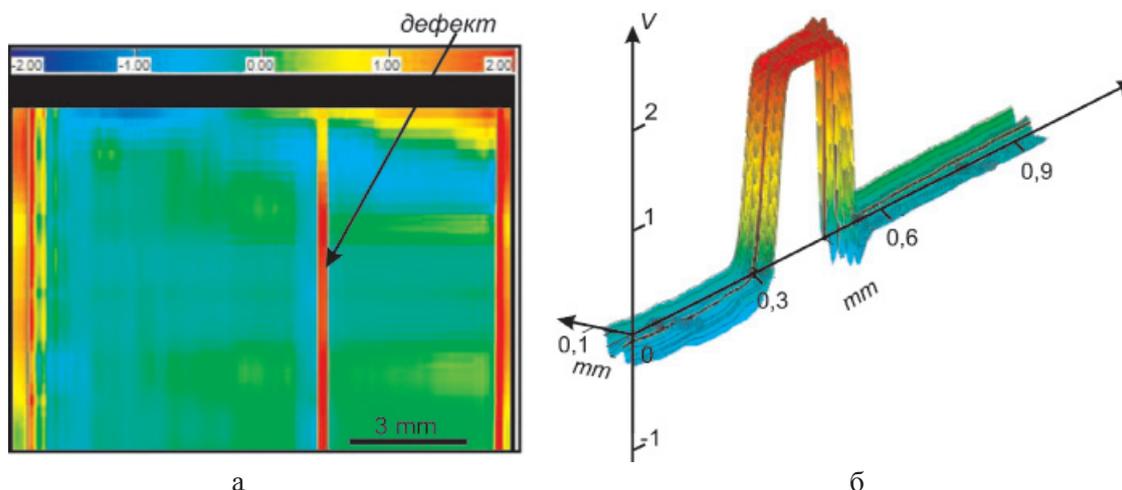


Рис. 2. Вихретоковый сигнал области сканирования эталонного дефекта глубиной 0,3 мм и шириной 0,3 мм (2D представление всей области сканирования (а) и 3D изображение сигнала от дефекта (б))

Результаты исследования и их обсуждение

Вихретоковый сигнал области сканирования сварного соединения, полученного сваркой трением с перемешиванием образца толщиной 5 мм, представлен на рис. 3.

Из представленного на рис. 3 изображения видно, что на вихретоковом скане в области сканирования сварного шва выделяется ряд дефектов, подтвержденных также анализом поперечных металлографических шлифов. Помимо дефектов самого шва четко выделяется след от выхода инструмента. Основными дефектами, обнаруживаемыми в данном случае, являются:

1. Непровар металла в корне шва. Продольный дефект с высокой амплитудой вихретокового сигнала (рис. 4, а). Ампли-

туда сигнала составляет для данного типа дефекта порядка 4–5 вольт, сигнал имеет V-образный вид.

2. Поры и несплошности в поверхностном слое шва (рис. 4, б). Данный вид дефекта характеризуется волнистой формой сигнала. Несмотря на то, что он имеет небольшое значение амплитуды сигнала (до 1 вольт), дефект можно надежно идентифицировать по форме и месту расположения на шве.

Вышеописанные дефекты хорошо выявляются вихретоковым датчиком с матричным преобразователем для всех толщин образцов даже при высокой скорости сканирования – 20–25 мм/с, что делает данный метод перспективным с точки зрения проведения экспресс-сканирования сварных соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием.

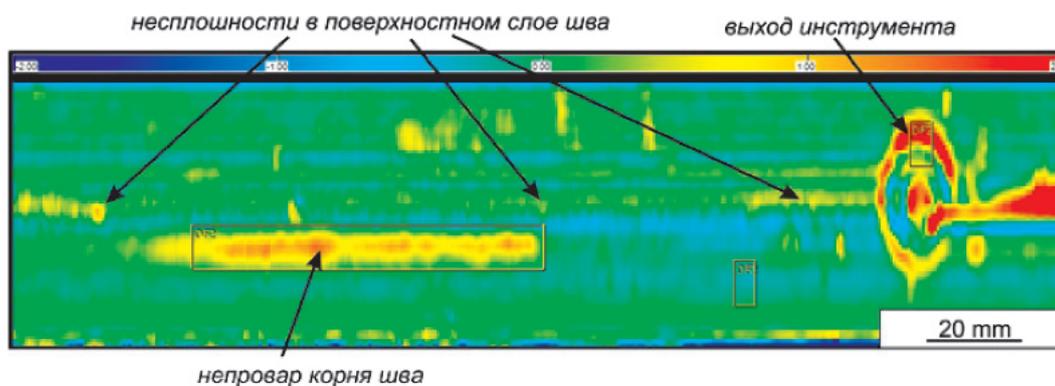


Рис. 3. Область сканирования сварного шва с дефектами

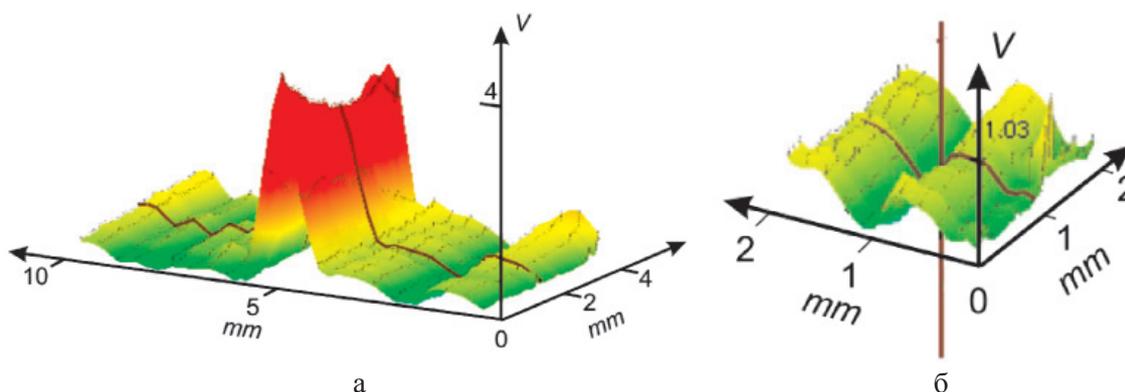


Рис. 4. Сигнал (3D изображение) вихретокового датчика от дефектов: а – непровар корня шва; б – несплошности в поверхностном слое

Следует отметить, что выраженная стыковая линия, декорированная оксидами, сама по себе является дефектом, снижающим прочность сварного соединения. Обнаружение выраженной стыковой линии вихретоковым методом является задачей дальнейших исследований.

Заключение

Проведенные исследования показали, что для диагностики поверхностных дефектов в сварных соединениях, полученных сваркой трением с перемешиванием, успешно применима методика вихретокового контроля с матричным вихретоковым преобразователем. Она позволяет выявлять геометрические дефекты на поверхности, типа следа от выхода инструмента, поры и несплошности в поверхностном слое шва, а также наиболее опасный с эксплуатационной точки зрения дефект – непровар корня шва. Преимуществом использования матричного вихретокового преобразователя является то, что он позволяет не только выявлять дефекты, но непосредственно по полученному скану определять положение дефекта в сварном СТП-соединении.

Высокая скорость сканирования, обеспечиваемая применением матричного вихретокового преобразователя, при разработке соответствующей методики позволяет использовать данный метод для экспресс-сканирования сварных швов.

Работа выполнена по проекту № III.23.2.4 фундаментальных исследований СО РАН на 2013–2016 гг., при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (договор № 02.G25.31.0063) в рамках реализации Постановления Правительства РФ № 218.

Список литературы

1. Бакшаев В.А., Васильев П.А. Сварка трением с перемешиванием в производстве крупногабаритных изделий из алюминиевых сплавов // Цветные металлы. – 2014. – № 1. – С. 75–79.

2. Рубцов В.Е., Колубаев Е.А., Тарасов С.Ю. Методика ультразвукового контроля сварных соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием, с использованием технологии фазированной антенной решетки // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. URL: <http://www.science-education.ru/120-16485>.

3. Friction stir welding: From basics to applications. [Ed. by D. Lohwasser and Zh. Chen]. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2010. – 432 p.

4. Tarasov Sergei Yu., Rubtsov Valery E., Kolubaev Evgeny A. Radiographic Detection of Defects in Friction Stir Welding on Aluminum Alloy AMg5M // AIP Conf. Proc. 1623, 631–634 (2014). doi:10.1063/1.4899024.

5. Thermography Inspection of Friction Stir Welding / V.E. Rubtsov, E.A. Kolubaev, S.Yu. Tarasov, P.A. Vasilyev, V.A. Bakshaev // AIP Conf. Proc. 1623, 535–538 (2014). doi:10.1063/1.4899000.

References

1. Bakshaev V.A., Vasilev P.A. Svarka treniem s peremeshivaniem v produktsii krupnogabaritnykh izdelij iz aluminievnykh splavov // Cvetnye metally. 2014. no. 1. pp. 75–79.

2. Rubcov V.E., Kolubaev E.A., Tarasov S.Ju. Metodika ultrazvukovogo kontrolja svarnykh soedinenij, poluchennykh svarkoj treniem s peremeshivaniem, s ispolzovaniem tehnologii fazirovannoj antennoj reshetki // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. no. 6. URL: <http://www.science-education.ru/120-16485>.

3. Friction stir welding: From basics to applications. [Ed. by D. Lohwasser and Zh. Chen]. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2010. 432 p.

4. Tarasov Sergei Yu., Rubtsov Valery E., Kolubaev Evgeny A. Radiographic Detection of Defects in Friction Stir Welding on Aluminum Alloy AMg5M // AIP Conf. Proc. 1623, 631–634 (2014). doi:10.1063/1.4899024.

5. Thermography Inspection of Friction Stir Welding / V.E. Rubtsov, E.A. Kolubaev, S.Yu. Tarasov, P.A. Vasilyev, V.A. Bakshaev // AIP Conf. Proc. 1623, 535–538 (2014). doi:10.1063/1.4899000.

Рецензенты:

Сизова О.В., д.т.н., профессор, главный научный сотрудник ИФПМ СО РАН, г. Томск;

Семухин Б.С., д.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории физики прочности ИФПМ СО РАН, г. Томск.

УДК 661.8

СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА $\text{TiO}_2/\text{Fe}_{1,92}\text{Ti}_{0,61}\text{O}_4/\text{Fe}_2\text{O}_3$ И ЕГО КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Шабельская Н.П., Зеленская Е.А., Постников А.А., Сулима С.И.,
Таранушич В.А., Сулима Е.В., Чернышев В.М., Власенко А.И.

ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова», Новочеркасск, e-mail: nina_shabelskaya@mail.ru

В работе изучены процессы формирования структуры шпинели в системе состава $\text{TiO}_2/\text{Fe}_{1,92}\text{Ti}_{0,61}\text{O}_4/\text{Fe}_2\text{O}_3$. Предложен механизм формирования структуры материала, который включает стадию образования гидроксида железа (II), его частичное окисление кислородом воздуха до $\text{Fe}(\text{OH})_3$, с последующим закреплением некоторого количества гидроксидов на поверхности TiO_2 . При дальнейшей термообработке образовавшиеся гидроксиды разлагаются с выделением твердого раствора состава $\text{Fe}_{1,92}\text{Ti}_{0,61}\text{O}_4$. Гидроксиды железа, оставшиеся в растворе, разлагаются с образованием мелкокристаллического оксида железа (III). Для изучения структуры и морфологии поверхности синтезированных материалов использованы методы рентгенофазового анализа, Шеррера и BET. Установлена высокая каталитическая активность синтезированных материалов в процессе окислительной деструкции метилового оранжевого в присутствии пероксида водорода. Синтезированные вещества могут быть полезны для получения материалов для очистки сточных вод промышленных предприятий, использующих в производственных циклах органические красители.

Ключевые слова: оксид железа, соединения переходных элементов, шпинели, синтез, катализатор Фентона, окислительная деструкция

THE SYNTHESIS OF THE COMPOSITE $\text{TiO}_2/\text{Fe}_{1,92}\text{Ti}_{0,61}\text{O}_4/\text{Fe}_2\text{O}_3$ AND ITS CATALYTIC PROPERTIES

Shabelskaya N.P., Zelenskaya E.A., Postnikov A.A., Sulima S.I., Taranushich V.A.,
Sulima E.V., Chernyshev V.M., Vlasenko A.I.

Platov South-Russian State Polytechnic University, Nowotsherkassk, e-mail: nina_shabelskaya@mail.ru

In the work studied process the spinel structure formation in the system of $\text{TiO}_2/\text{Fe}_{1,92}\text{Ti}_{0,61}\text{O}_4/\text{Fe}_2\text{O}_3$. The mechanism of formation of the structure material, which includes the stage of formation of iron hydroxide (II), partial oxidation by air oxygen to $\text{Fe}(\text{OH})_3$, and then fixing a certain number of hydroxides on the surface of TiO_2 . Upon further heat treatment of the formed hydroxides decompose releasing solid solution of composition $\text{Fe}_{1,92}\text{Ti}_{0,61}\text{O}_4$. Hydroxides of iron remaining in solution, are decomposed with the formation of crystalline iron (III) oxide. To study the structure and surface morphology of the synthesized materials used methods of X-ray phase analysis, of Scherer-method and BET. Installed high catalytic activity of the synthesized materials in the process of oxidative degradation of methyl orange in the presence of hydrogen peroxide. Synthesized substances may be useful for obtaining materials for wastewater treatment of industrial enterprises that use in production of organic dyes.

Keywords: iron oxide, compounds of transition elements, spinel, synthesis, catalyst Fenton, oxidative degradation

Развитие современной техники требует разработки новых и совершенствования имеющихся способов получения материалов с высокими эксплуатационными характеристиками. К числу таких материалов относятся оксидные шпинели. Перспективным объектом исследования для получения материалов с необычными свойствами, востребованными в различных прикладных областях, в частности химической промышленности, космической технике, является шпинель состава Fe_2TiO_4 [9]. Известно, что композиционные материалы, содержащие соединения титана, отличаются высокой каталитической активностью [6, 7], при этом проявляют супермагнитные свойства [7]. Теоретические основы формирования структуры подобных соединений были рассмотрены ранее [1, 8]. Фундаментальный научный интерес к изучению процессов

фазообразования и свойств подобных материалов обусловлен в первую очередь их уникальным катионным составом и сложностью получения материалов, содержащих ионы Fe^{2+} и Ti^{4+} . Для синтеза подобных соединений используют специальную аппаратуру [9], способную обеспечить проведение реакции в контролируемой (чаще всего – инертной) атмосфере. Как правило, в окислительной атмосфере затруднен процесс получения соединения, содержащего Fe^{2+} [4]. Для стабилизации данного валентного состояния катиона железа было предложено [4] использовать в качестве матрицы формирующийся твердый раствор со структурой шпинели. В этой связи разработка методики синтеза, изучение фазаобразования и свойств в системе $\text{TiO}_2 - \text{FeO} - \text{Fe}_2\text{O}_3$ представляет фундаментальный и практический интерес для химии и тех-

нологии неорганических материалов. Целью исследования являлось изучение процессов формирования структуры в системе $TiO_2/Fe_{1,92}Ti_{0,61}O_4/Fe_2O_3$ и ее каталитических свойств в процессах окислительной деструкции метилового оранжевого в присутствии пероксида водорода.

Материалы и методы исследования

Для формирования композиционного материала $TiO_2/Fe_{1,92}Ti_{0,61}O_4/Fe_2O_3$ была использована методика, подробно описанная в [2]. В качестве исходных веществ были использованы оксид титана (IV), соль Мора $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ квалификации хч, водные растворы аммиака $(NH_3 \cdot H_2O)$ с концентрацией 25% (масс.) и лимонной кислоты $(C_6H_8O_7)$ с концентрацией 6,25 моль/л. Исходные вещества помещали в стальной реакционный сосуд и подвергали термообработке до полного разложения органической составляющей. Фазовый состав изучали на рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA (использовали Cu-K α излучение) в НИИ Нанотехнологий и новых материалов ЦКП «Нанотехнологии» ЮРГПУ (НПИ). При анализе количественного соотношения между фазами использовали методику, описанную в [3, 5]. Определение площади поверхности проводили на аппарате ChemiSorb 2750 В в НИИ Нанотехнологий и новых материалов ЦКП «Нанотехнологии» ЮРГПУ (НПИ).

Расчет среднего размера кристаллитов проводили по методу Шеррера по линии 311 по формуле

$$D = \frac{0,94 \cdot \lambda}{B \cdot \cos \Theta},$$

где D – средний размер кристаллов, нм; λ – длина волны рентгеновского излучения, нм; B – значение ширины линии пика на половине его высоты; $\cos \theta$ – значение косинуса угла для пика.

Изучение каталитической активности синтезированных материалов проводили на модельном растворе метилового оранжевого с концентрацией 40 мг/л. При этом 10 мл исходного раствора метилового оранжевого помещали в плоскодонную колбу, добавляли 0,0010 г катализатора и 2 мл раствора пероксида водорода с концентрацией 3% (масс.). Определение концентрации метилового оранжевого в растворе проводили фотокалориметрическим методом с помощью прибора КФК-2-УХЛ 4,2 через определенные интервалы времени. Расчет количества метилового оранжевого, подвергшегося каталитической деструкции (P), проводили по формуле

$$P = \frac{C_0 - C}{C_0} 100,$$

где C_0 – начальная концентрация раствора, мг/л; C – текущее значение концентрации раствора, мг/л.

Результаты исследования и их обсуждение

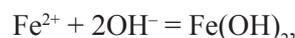
Синтез материала проводили по следующей методике. Навеску оксида титана (IV) и соли Мора тщательно гомогенизировали, помещали в реакционный сосуд из нержавеющей стали, добавляли при интенсивном перемешивании водный раствор аммиака и затем – раствор лимонной кислоты. В результате наблюдали образование суспензии

серого цвета, а затем – бежевого с зеленоватым оттенком. Полученный прекурсор нагревали при перемешивании до полного испарения жидкости. При этом происходило образование вязкого желто-зеленого гелеобразного вещества, переходившего постепенно в твердый пористый материал. Нагревание продолжали до полного разложения органической составляющей. При этом происходил процесс интенсивной деструкции материала, сопровождающийся выделением газообразных веществ и свечением реакционной системы. Полученный красно-коричневый порошок имел пористую структуру. Рентгенограмма синтезированного материала приведена на рис. 1. На рентгенограмме образца можно выделить линии, характеризующие фазы гематита Fe_2O_3 (PGF Number 010-85-0599), анатаза TiO_2 (PGF Number 010-79-6031 и 010-75-2547) и твердого раствора состава $Fe(Fe_{0,92}Ti_{0,61})O_4$ (PGF Number 019-71-6450) со структурой кубической шпинели.

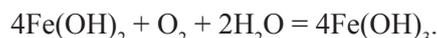
Формирование структуры образца может протекать по следующему механизму. В водном растворе соль Мора диссоциирует по схеме



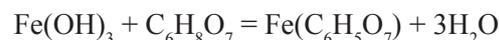
В присутствии раствора аммиака образуется осадок гидроксида железа (II):



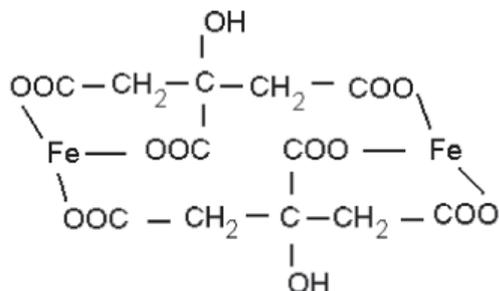
который частично окисляется кислородом воздуха



Некоторое количество осадков гидроксидов адсорбируется на поверхности оксида титана (IV). При введении в реакционную систему лимонной кислоты происходит нейтрализация гидроксидов, имеющих в растворе



с формированием хелатных комплексов



с участием катионов железа. При последующем нагревании происходит разложение комплексов с образованием дисперсного порошка оксида Fe_2O_3 .

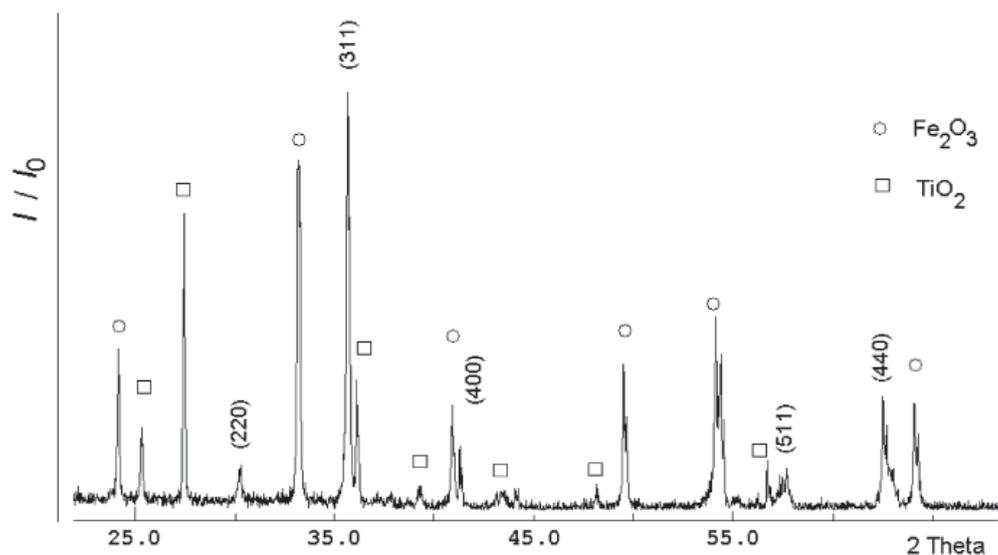
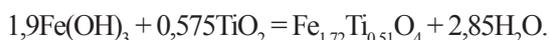
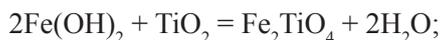


Рис. 1. Рентгенограмма образца состава $\text{TiO}_2/\text{Fe}_{1,92}\text{Ti}_{0,61}\text{O}_4/\text{Fe}_2\text{O}_3$. Индексированы линии, принадлежащие шпинели

Гидроксиды железа, закрепленные на поверхности TiO_2 , разлагаются с образованием твердого раствора по схемам



Образующийся материал имеет вид рыхлого пористого порошка. Средний размер зерен кристаллов, рассчитанный по формуле Шеррера, несколько выше значений для хорошо окристаллизованных материалов и составляет 8,42 нм. Площадь поверхности, измеренная методом ВЕТ, равна $6 \text{ м}^2/\text{г}$.

Изучение каталитической активности синтезированных материалов проводили на примере реакции окислительной деструкции метилового оранжевого в присутствии пероксида водорода. В ходе проведенного исследования установлено, что композитный материал состава $\text{TiO}_2/\text{Fe}_{1,92}\text{Ti}_{0,61}\text{O}_4/\text{Fe}_2\text{O}_3$ проявляет высокую каталитическую активность в реакции Фентона. Временная зависимость количества метилового оранжевого, подвергнувшегося каталитической деструкции, приведена на рис. 2. Для сравнения на рис. 2 приведены также данные для характеристики каталитических свойств оксида титана (IV). Как видно из рис. 2, тип зависимости для TiO_2 имеет вид, характерный для адсорбции молекул непористым твердым телом. Зависимость для синтезированного композиционного материала имеет вид S-образной кривой, характерной для мезопористого твердого вещества. От-

носительно невысокая скорость реакции в начальный период времени может быть связана с повышенной кристаллическостью материала и вследствие этого малым количеством активных центров.

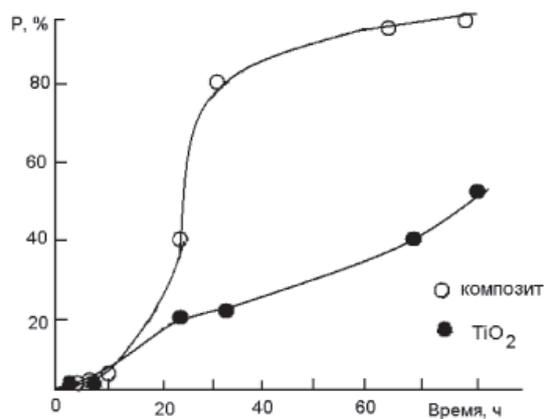


Рис. 2. Зависимость степени разложения метилового оранжевого в присутствии катализаторов от времени протекания реакции

Согласно результатам проведенного исследования, в случае применения композиционного материала $\text{TiO}_2/\text{Fe}_{1,92}\text{Ti}_{0,61}\text{O}_4/\text{Fe}_2\text{O}_3$ в процессе окислительной деструкции метилового оранжевого в присутствии пероксида водорода удается достичь практически полного удаления органического вещества из водного раствора. Полученные результаты могут служить ориентиром для выбора материалов, перспективных для применения в системах очистки сточных вод

промышленных предприятий, использующих в производственных циклах органические красители.

Выводы

Изучен процесс фазообразования в системе состава $\text{TiO}_2/\text{Fe}_{1,92}\text{Ti}_{0,61}\text{O}_4/\text{Fe}_2\text{O}_3$. Предложен механизм формирования структуры материала, который включает стадию образования гидроксида железа (II), его частичное окисление кислородом воздуха до $\text{Fe}(\text{OH})_3$ с последующим закреплением некоторого количества гидроксидов на поверхности TiO_2 . Установлена высокая каталитическая активность синтезированных материалов в процессе окислительной деструкции метилового оранжевого в присутствии пероксида водорода, что может быть полезным для разработки материалов для очистки сточных вод промышленных предприятий, использующих в производственных циклах органические красители.

Список литературы

1. Таланов В.М. Теория структурного фазового перехода в MgTi_2O_4 // Кристаллография. – 2013. – Т. 58. – № 1. – С. 101–113.
2. Шабельская Н.П. Изучение процессов формирования структуры ферритов-хромитов переходных элементов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 8. – С. 99–103.
3. Шабельская Н.П. Исследование процессов образования хромитов MCr_2O_4 ($M = \text{Co}, \text{Ni}, \text{Zn}, \text{Cd}, \text{Mg}$) // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2013. – Т. 56. – № 8. – С. 59–62.
4. Шабельская Н.П. Особенности синтеза и фазообразование в системе $\text{NiO}-\text{FeO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Cr}_2\text{O}_3$ // Изв. Вузов. Сев.-Кавк. регион. Технич. науки. – 2015. – № 2. – С. 91–95.
5. Шабельская Н.П. Процессы фазообразования в системе $\text{NiO}-\text{CuO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Cr}_2\text{O}_3$ при разложении солей // Неорганические материалы. – 2014. – Т. 55. – № 11. – С. 1205–1209.
6. Kim H.S. Synthesis of magnetically separable core@shell structured $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ nanomaterial and its use for photocatalytic hydrogen production by methanol/water splitting // Chemical Engineering Journal. – 2014. – Vol. 243. – P. 272–279.
7. Ma J. A mild synthetic route to $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ -Au composites: preparation, characterization and photocatalytic activity // Applied Surface Science. – 2015. – Vol. 353. – P. 1117–1125.
8. Reznichenko L.A., Razumovskaya O.N., Shilkina L.A., Verbenko I.A., Andryushin K.P., Pavelko A.A., Pavlenko A.V., Alyoshin V.A., Kubrin S.P., Miller A.I., Dudkina S.I., Teslenko P., Konstantinov G., Talanov M.V., Amirov A.A., Bat-

dalov A.B., Talanov V.M., Shabelskaya N.P., Ivanov V.V. Ferroelectrics and Superconductors: Properties and Applications, 2011. – P. 109–144.

9. Schoenthal W. McH. Synthesis and magnetic properties of single phase titanomagnetites // Journal of applied physics. – 2014. – Vol. 115. – P. 17A934 – 1–3.

References

1. Talanov V.M. Teorija strukturnogo fazovogo perehoda v MgTi_2O_4 // Kristallografiya. 2013. T. 58. no. 1. pp. 101–113.
2. Shabelskaya N.P. Izuchenie processov formirovaniya struktury ferritov-hromitov perehodnyh jelementov // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2015. no. 8. pp. 99–103.
3. Shabelskaya N.P. Issledovanie processov obrazovaniya hromitov MCr_2O_4 ($M = \text{Co}, \text{Ni}, \text{Zn}, \text{Cd}, \text{Mg}$) // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Serija: Himija i himicheskaja tehnologija. 2013. T. 56. no. 8. pp. 59–62.
4. Shabelskaya N.P. Osobennosti sinteza i fazoobrazovanie v sisteme $\text{NiO}-\text{FeO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Cr}_2\text{O}_3$ // Izv. Vuzov. Sev.-Kavk. region. Tehnich. nauki. 2015. no. 2. pp. 91–95.
5. Shabelskaya N.P. Processy fazoobrazovaniya v sisteme $\text{NiO}-\text{CuO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Cr}_2\text{O}_3$ pri razlozhenii solej // Neorganicheskie materialy. 2014. T. 55. no. 11. pp. 1205–1209.
6. Kim H.S. Synthesis of magnetically separable core@shell structured $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ nanomaterial and its use for photocatalytic hydrogen production by methanol/water splitting // Chemical Engineering Journal. 2014. Vol. 243. pp. 272–279.
7. Ma J. A mild synthetic route to $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ -Au composites: preparation, characterization and photocatalytic activity // Applied Surface Science. 2015. Vol. 353. pp. 1117–1125.
8. Reznichenko L.A., Razumovskaya O.N., Shilkina L.A., Verbenko I.A., Andryushin K.P., Pavelko A.A., Pavlenko A.V., Alyoshin V.A., Kubrin S.P., Miller A.I., Dudkina S.I., Teslenko P., Konstantinov G., Talanov M.V., Amirov A.A., Batdalov A.B., Talanov V.M., Shabelskaya N.P., Ivanov V.V. Ferroelectrics and Superconductors: Properties and Applications, 2011. pp. 109–144.
9. Schoenthal W. McH. Synthesis and magnetic properties of single phase titanomagnetites // Journal of applied physics. 2014. Vol. 115. pp. 17A934 1–3.

Рецензенты:

Таланов В.М., д.х.н., профессор кафедры «Общая химия и технология силикатов», ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова», г. Новочеркасск;

Балакай В.И., д.т.н., профессор, декан технологического факультета, ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова», г. Новочеркасск.

КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА: ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ

¹Белякова Г.Я., ²Безруких Д.В.

¹ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: malilu@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,
Железногорск, e-mail: dasha@mail.ru

Настоящая статья рассматривает исторические аспекты кластерного подхода к организации промышленного производства. Рыночная экономика по своей структуре, скорости протекающих в ней процессов, институциональному устройству принципиально отличается от экономики предыдущих исторических этапов развития и является переходной от традиционной индустриальной экономики к высокоинтеллектуальной экономике. Поэтому новые подходы и методы к управлению структурным развитием промышленности должны, безусловно, учитывать исторический опыт управления ею. Теория кластерного подхода исследована, от А. Маршалла до трудов современных зарубежных и российских ученых. Статья позволяет представить генезис развития кластерного подхода, исходя из конкретных исторических периодов развития общества. Авторы предлагают рассматривать данный подход как особый способ структурирования экономической системы в локальных территориальных границах, дающий повышение экономической эффективности. Существует много исследований по проблеме кластерного подхода, но реальная экономическая практика задаёт всё новые вопросы, ставит новые задачи, которые требуют продолжения исследований.

Ключевые слова: анализ, кластерный подход, Маршаллианское триединство, штандортный фактор, кристаллеровская решетка, полюс роста

THE CLUSTER APPROACH TO ORGANIZATION OF INDUSTRIAL PRODUCTION: THE HISTORY OF FORMATION AND MODERN FEATURES

¹Belyakova G.Y., ²Bezrukikh D.V.

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: malilu@yandex.ru;

²Siberian fire and rescue Academy of EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, e-mail: dasha@mail.ru

This article examines the historical aspects of the cluster approach to the organization of industrial production. The market economy in its structure, the speed of processes occurring in it, institutional economics is fundamentally different from previous historical stages of development and is in transition from a traditional industrial economy to a highly intelligent economy. Therefore, new approaches and techniques to the management of the structural development of the industry should certainly take into account the historical experience of management. The theory of the cluster approach is investigated, beginning with A. Marshall to the works of contemporary Russian and foreign scientists. The article allows us to represent the genesis of the cluster approach, based on specific historical periods of development of society. The authors propose to consider this approach as a special way to structure the economic system in the local territorial boundaries, giving an increase of economic efficiency. There are many studies on the cluster approach, but the real economic practice sets all the new questions posed new challenges that require further research.

Keywords: analysis, the cluster approach, Marshallian trinity, standartnye factor, cristalleria grille, the growth pole

Проблемы, с которыми сталкивается современная Россия в условиях продолжающегося мирового экономического кризиса и политической нестабильности на мировом уровне, необходимость скорейшей выработки системных мер и способов переведения экономики на инновационную модель развития, обуславливают повышение актуальности исследований в области формирования современных, высокоэффективных подходов и методов управления структурным развитием промышленности.

Современная экономика по своей структуре, скорости протекающих в ней процессов, институциональному устройству принципиально отличается от экономики предыдущих исторических этапов разви-

тия и является переходной от традиционной индустриальной экономики к высокоинтеллектуальной экономике, где основной производительной силой является научно-техническое и технологическое знание, быстро и эффективно превращающееся в новые товары и услуги, новые производственные системы и системы жизнеобеспечения. Поэтому новые подходы и методы к управлению структурным развитием промышленности должны, безусловно, учитывать исторический опыт управления ею, но сделать шаг вперед по сравнению с ранее применявшимися. Они должны теоретически и инструментально обеспечить переводение структурной организации промышленного производства на более высокий уровень,

заложить основы новой модели экономического развития. Таким образом, становятся особенно актуальными исследования проблем развития кластерного подхода применительно к организации промышленного производства, который все увереннее на практике вытесняет отраслевой подход [2, 3]. Поскольку в настоящее время уровень теоретико-методологической и методической разработанности кластерного подхода не позволяет добиться в российских условиях гарантированно высокой эффективности его применения, то необходимо использовать все преимущества и возможности, которые он может предоставить [5].

В связи с этим в статье проанализирована история развития кластерного подхода, особенности организации современных промышленных кластеров, сделаны выводы.

История становления кластерного подхода за рубежом

История становления кластерного подхода к организации промышленного производства началась вместе со становлением промышленного производства. На ранних стадиях развития промышленного производства населению каждой местности, в условиях отсутствия эффективных транспортно-логистических систем, приходилось довольствоваться собственными ресурсами при производстве потребляемых им товаров. Но тем не менее уже в этот период исследователями ставился вопрос о повышении эффективности промышленного производства.

Английский экономист второй половины XIX века А. Маршалл в качестве факторов, обеспечивающих повышение эффективности экономики, обозначил рабочую силу, функционирование связанных отраслей и специализацию субъектов хозяйственной деятельности. А. Маршалл выявил три причины, по которым группы фирм в определенной отрасли, расположенные рядом друг с другом, будут более производительными, нежели если бы они находились на определенном расстоянии. Эти причины объединены в Маршаллианское триединство: рынок для квалифицированного труда, специализация поставщиков и обмен идеями, или перелив знаний [9, с. 298]. Следует заметить, что в настоящее время под квалифицированной рабочей силой понимаются работники, обладающие необходимыми знаниями, умениями и навыками для выполнения работ высокой степени сложности, в то время как при А. Маршалле под квалифицированным трудом понимались навыки, которые могут быть приобретены лишь в длительном процессе тренировок.

Тем не менее данная идея А. Маршалла на сущностном уровне продолжает оставаться актуальной и сегодня, т.к. по существу он первый так четко акцентировал внимание на том, что «качество рабочей силы» является определяющим фактором для эффективности промышленного производства.

Впоследствии идеи А. Маршалла были развиты в рамках различных экономических направлений, среди которых можно выделить теорию А. Вебера, выдвинутую в 1909 г. На основании анализа фактора размещения единичного промышленного предприятия он высказал идею необходимости разработки «общей теории размещения предприятий промышленности» [4, с. 79]. Это была первая попытка создания логически последовательной и цельной теории размещения промышленности. А. Вебер в общей теории размещения ввел понятие «штандортного фактора» [4, с. 79], определив его как четко выраженное, устойчивое преимущество, возникающее в данной конкретной местности или в каком-либо типе местности. Это преимущество обусловлено взаимодействием следующих территориальных факторов: территориальных издержек, издержек на рабочую силу и экономии от принадлежности к агломерации. Данные факторы и сегодня актуальны и учитываются в обязательном порядке и бизнесом и органами власти при организации промышленного производства.

Большое значение в становлении кластерного подхода имеет теория В. Кристаллера (1933). В своей теории о размещении системы населенных пунктов (центральных мест) в рыночном пространстве В. Кристаллер центральными местами называет экономические центры, которые обслуживают товарами и услугами не только себя, но и население своей округи (зоны сбыта). Согласно В. Кристаллеру, зоны обслуживания и сбыта с течением времени имеют тенденцию оформляться в правильные шестиугольники, поэтому вся заселенная территория покрывается шестиугольниками без просвета (кристаллеровская решетка) [13]. Данное наблюдение весьма важно и актуально для развития кластерного подхода, так как оно и сегодня задает ориентиры для бизнеса и власти относительно наиболее перспективного расположения промышленных кластеров.

Дальнейшее развитие теории экономического пространства получила в неоклассической штандортной теории А. Леша (1940), который исследовал экономическое пространство уже не на уровне отдельных предприятий, а на уровне экономических регионов. Наиболее важным вкладом

А. Леша считается разработкой принципиальных основ теории пространственного экономического равновесия. Согласно данной теории, наиболее рациональная форма экономических районов – шестиугольники («пчелиные соты») с экономическими центрами – большими городами [8]. Исследования А. Леша обеспечивают, по существу, более глубокое теоретико-методологическое обоснование идей В. Кристаллера и развивают их, они закладывают основы формирования инструментария управления кластерообразованием территорий.

В 1930–1950 гг. усилиями У. Изарда, Х. Ричардсона, Х. Боса была создана общая теория размещения. Согласно закону, выведенному У. Изардом, фирмы, максимизирующие прибыль, размещаются таким образом, чтобы предельные нормы замещения транспортных затрат на доставку товаров из двух разных пунктов (регионов) были равны величине, обратной отношению их транспортных тарифов [6].

Согласно теории, разработанной Х. Ричардсоном, основным фактором роста является скопление производственной деятельности в городах, являющихся крупными промышленными центрами. Модель Ричардсона показывает функциональные зависимости между темпами роста и темпами накопления капитала, увеличения предложения труда и скоростью технического прогресса. Основной составляющей в базовой модели Ричардсона является локализация. Модель Ричардсона внесла существенный вклад в «осовременивание» кластерного подхода.

В условиях становления постиндустриального общества особую актуальность приобретают теории полюсов и центров роста, основоположниками которых являются Ф. Перру, Ж. Будвиль. Ф. Перру под полюсами роста понимал компактно размещенные и динамично развивающиеся отрасли промышленности, которые порождают цепную реакцию возникновения и роста промышленных центров. Полюса роста в настоящее время рассматриваются как механизмы достижения опережающего экономического развития на определенных территориях и активизации экономической деятельности в сопряженных с ними отдаленных периферийных, проблемных районах. По мнению данных авторов, активизация экономической деятельности в первую очередь будет происходить за счет дополнительных инвестиций. Классическим примером полюсов роста являются новые столицы развивающихся стран. Данные теории также «осовременили» кластерный подход, т.к. внесли в него методологические положения

об его использовании при решении проблемы «выравнивания» уровня экономического развития различных территорий.

Итальянский ученый Дж. Бекаттини в 1977 г. впервые ввел термин «промышленный район», определив его как «локальную систему с активным размещением людей и первичной отрасли, состоящей из небольших независимых фирм, специализирующихся на различных этапах единого производственного процесса» [12]. Он отметил, что «Маршаллианские промышленные районы» представляют собой естественно или исторически ограниченные территории, характеризующиеся присутствием и взаимопроникновением сообщества людей, и производственным аппаратом [12]. Его вклад в развитие кластерного подхода состоял в выводах о природе промышленных агломераций.

В становление современных взглядов на кластерный подход внес значительный вклад М. Портер. Он описал идеальный тип кластера, функционирующего в рыночной экономике. По М. Портеру, «кластер – это группа близких, географически взаимосвязанных компаний и сотрудничающих с ними организаций, совместно действующих в определенном виде бизнеса, характеризующихся общностью направлений деятельности и дополняющих друг друга» [10, с. 58]. Тем самым они создают основу для притока иностранных инвестиций в малый бизнес внутри кластера, а также дают возможность широкому кругу предпринимателей использовать процессы диверсификации. М. Портер описывает кластеры как результат взаимодействия четырех групп факторов, которые он объединяет в «ромб конкурентного преимущества»: факторные условия, условия спроса, родственные и поддерживающие отрасли, условия конкуренции и стратегии фирм. Он делает акцент на важности местоположения фирмы: как местоположение фирмы влияет на ее стратегию и производительность. Четыре элемента ромба, по мнению М. Портера, играют самую существенную роль для понимания того, почему предприятия в кластерах более конкурентоспособны, чем отдельно функционирующие фирмы.

Важность исследований М. Портера для формирования современного взгляда на кластерную организацию промышленного производства определяется тем, что ему удалось свести в единое целое, на основе одной модели, наработки всех предшественников в данной области, а также соединить их с фактором конкуренции и индивидуального поведения фирм на рынке (эффективностью их стратегического управления).

Несмотря на важность вклада М. Портера в становление современного кластерного подхода, необходимо отметить, что его модель разрабатывалась и наиболее эффективно применялась именно в условиях стран – лидеров экономического развития, либо стран, ставших основными реципиентами капиталов стран Запада. В российских условиях предложенный М. Портером подход, по-видимому, должен быть значительно адаптирован, с учетом проблем и особенностей отечественной экономики.

Вклад отечественных исследователей в развитие кластерного подхода

Среди отечественных ученых вклад в развитие кластерного подхода своими трудами внесли: Э.Б. Алаев, А.В. Виленский, А.Г. Гранберг, В.В. Кистанов, Н.Н. Колосовский, М.Б. Мазанова, Л.С. Марков, А.А. Миграян, И.В. Пилипенко, И.С. Фёрова и другие.

Э.Б. Алаев [1, с. 212] рассмотрел понятие «территориально-производственный комплекс» (ТПК), под которым предложил понимать сочетание предприятий и учреждений на определенной территории, для которых территориальная общность является дополнительным фактором повышения экономической эффективности.

Академик А.Г. Гранберг, исследовав ТПК, сделал вывод, что при сравнении точечных моделей народного хозяйства, которые в основном использовались до 1970-х гг., и пространственных моделей (к которым относится концепция ТПК) выигрывает именно последняя. Главное преимущество пространственных моделей – возможность совместного исследования с позиций народнохозяйственного оптимума условий развития и размещения производительных сил. С этого момента ТПК рассматривается преимущественно как первичная ячейка экономического района и превращается постепенно из научного понятия в реальный объект хозяйственного планирования и определенную форму территориальной организации производительных сил.

Н.Н. Колосовский ввел понятие производственно-территориальных комплексов (ПТК), близкое современному понятию кластера, в которых достигается наивысшая эффективность производительных сил за счет комбинирования технологических процессов при переработке сырья, получении энергии, использовании оборудования и труда [7, с. 73].

В целом отличительной чертой взглядов отечественных исследователей (сформировавшихся, как исследователи во времена плановой экономики), на сущность кластер-

ного подхода является то, что в их интерпретациях исследуемых факторов и выводах выделяется в качестве доминирующей роль территориальных факторов.

Более позднее поколение отечественных исследователей отмечает важность производственно-кооперационных связей и фактор инновационной ориентированности. Кроме того, отмечается важность научно-технических и технологических достижений, т.к. кластеры, как правило, формируются там, где осуществляется, или ожидается «прорывное» продвижение в области техники и технологии производства и последующего выхода на новые «рыночные ниши» [11].

Основные выводы

Исходя из анализа исследований в области кластерного подхода к организации промышленного производства, авторы предлагают рассматривать данный подход как особый способ структурирования экономической системы в локальных территориальных границах, дающий повышение экономической эффективности (минимизацию издержек производства, повышение конкурентоспособности, привлечение инвестиций и т.п.) за счет взаимодействия особых факторов (условий, ресурсов, мотивационных цепочек), являющихся внешними по отношению к компаниям-резидентам, но которые оказывают определяющее влияние на формирование эффективных механизмов поддержки их инновационного развития и взаимоподдерживающих связей. Резидентами кластера при таком подходе могут быть не все желающие компании, а компании определенных отраслей хозяйствования, тесное кооперационное взаимодействие способно обеспечить наибольшие инновационные и экономические эффекты. Поэтому кластерная организация должна опираться на принципы:

1. Включение в состав кластера компаний, относящихся к различным, но дополняющим друг друга отраслям (комплементарным).

2. Единое продвижение продукции компаний кластера в рамках дополняющих друг друга рыночных сегментов.

3. Особый акцент на формирование эффективных кооперационных связей между ключевыми участниками кластера.

При формировании современного кластера должно быть учтено, что большинство участников не должны являться прямыми конкурентами, но при этом обладать общими потребностями и иметь общие барьеры развития. Усиление мультипликативного эффекта в результате более тесного

межфирменного контакта в кластере, а также вследствие налаженных каналов передачи информации, нововведений в конечном итоге должно оказать положительное воздействие на общий уровень конкурентоспособности компаний кластера.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что существует много исследований по проблеме кластерного подхода, но реальная экономическая практика задает всё новые вопросы, ставит новые задачи, которые требуют продолжения исследований.

Список литературы

1. Алаев Э.Б. Социально-экономическая география: понятийно-терминологический словарь. – М.: Прогресс, 2003. – 320 с.
2. Батукова, Л.Р. Управление инновационной модернизацией региона: институционализация методов и инструментов: монография. – Саратов: ООО «Изд-во КУБиК», 2013.
3. Белякова Г.Я., Батукова Л.Р. Инновационная модернизация социально-экономической системы региона: совершенствование кластерной политики в условиях глобализации // Эл. журнал Корпоративные Финансы. – 2012. – № 3 (23). – С. 44–54.
4. Вебер А. Теория размещения промышленности. – М.: Прогресс, 1926. – 310 с.
5. Владимирова, О.Н. Инновационная восприимчивость региона: условия формирования и управления: монография. – Красноярск, Изд-во КГТЭУ, 2011. – 146 с.
6. Изард У. Методы регионального анализа. – М.: Прогресс, 1966. – 230 с.
7. Колосовский Н.Н. Теория экономического районирования. – М.: Мысль, 1997. – 335 с.
8. Леш А. Географическое размещение хозяйства. – М.: Изд-во ин. литературы, 1959. – 455 с.
9. Маршалл А. Принципы экономической науки; под ред. О.Г. Радынова. – М.: Прогресс, 1993. – Кн. 4, гл. 7, 415 с.
10. Портер М. Конкуренция: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2005. – 608 с.
11. Ферова И.С. Локализация в экономике и теория кластеров // Регион: экономика и социология. – 2005. – № 1. – С. 56–70.
12. Becattini G., Bellandi M. Critical nodes and contemporary reflections on industrial districts / Regional responses and global shifts: actors, institutions and organizations. – Florence, 2010. – 16 p.
13. Christaller W. Die Zentralen Orte in Suddeutschland. – Jena, 1933.

References

1. Alaev Je.B. Socialno-jekonomicheskaja geografija: ponjatijno-terminologicheskij slovar. M.: Progress, 2003. 320 p.
2. Batukova, L.R. Upravlenie innovacionnoj modernizaciej regiona: intitucionalizacija metodov i instrumentov: monografiya. Saratov: OOO «Izd-vo KUBiK», 2013.
3. Beljakova G.Ja., Batukova L.R. Innovacionnaja modernizacija socialno-jekonomicheskoy sistemy regiona: sovershenstvovanie klasternoj politiki v uslovijah globalizacii // Jel. zhurnal Korporativnye Finansy. 2012. no. 3 (23). pp. 44–54.
4. Veber A. Teorija razmeshhenija promyshlennosti. M.: Progress, 1926. 310 p.
5. Vladimirova, O.N. Innovacionnaja vospriimchivost regiona: uslovija formirovanija i upravlenija: monografiya. Krasnojarsk, Izd-vo KGTJeU, 2011. 146 p.
6. Izard U. Metody regionalnogo analiza. M.: Progress, 1966. 230 p.
7. Kolosovskij N.N. Teorija jekonomicheskogo rajonirovanija. M.: Mysl, 1997. 335 p.
8. Lesh A. Geograficheskoe razmeshhenie hozjajstva. M.: Izd-vo in. literatury, 1959. 455 p.
9. Marshall A. Principy jekonomicheskoy nauki; pod red. O.G. Radynova. M.: Progress, 1993. Kn. 4, gl. 7, 415 p.
10. Porter M. Konkurencija: per. s angl. M.: Viljams, 2005. 608 p.
11. Ferova I.S. Lokalizacija v jekonomike i teorija klastero-ov // Region: jekonomika i sociologija. 2005. no. 1. pp. 56–70.
12. Becattini G., Bellandi M. Critical nodes and contemporary reflections on industrial districts / Regional responses and global shifts: actors, institutions and organizations. Florence, 2010. 16 p.
13. Christaller W. Die Zentralen Orte in Suddeutschland. Jena, 1933.

Рецензенты:

Батукова Л.Р., д.э.н., доцент кафедры «Экономика и управление бизнес-процессами», ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет, г. Красноярск;
Носенков А.А., д.т.н., ФГБОУ ВО «Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», г. Железнодорожск.

УДК 338

СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ НАУЧНОЙ КАТЕГОРИИ «КАЧЕСТВО»**Гладилина И.П., Колесник В.В.***Московский городской университет управления Правительства Москвы,
Москва, e-mail: gladilina.i@yandex.ru, ugmzmag@yandex.ru*

Социально-экономическое развитие страны требует новых подходов к оценке управления происходящими процессами. Управление качеством, в том числе качеством закупок, является одной из самых сложных задач теории и практики. Для разработки современных управленческих подходов, критериев, методик, способствующих развитию качества, необходимо понимание сущности и содержания научной категории «качество». В статье представлены разные авторские трактовки содержания понятия «качество» отечественных и зарубежных учёных. Но однозначного толкования феномена «качество» в науке нет, т.к. качество представляет собой сложную научную категорию. Авторы статьи рассматривают качество как многофакторное явление, обладающее системой общих и специфических показателей. Понятие «качество» как научная категория в своем развитии получает новое наполнение в соответствии с развитием общества, что требует глубокого теоретического и практического анализа его сущности.

Ключевые слова: качество, научная категория, сущность, содержание**THE ESSENCE AND CONTENT OF THE SCIENTIFIC CATEGORY OF «QUALITY»****Gladilina I.P., Kolesnik V.V.***Moscow Metropolitan Governance University, Moscow,
e-mail: gladilina.i@yandex.ru, ugmzmag@yandex.ru*

Socio-economic development requires new approaches to the assessment of the control processes taking place. Quality management, including quality procurement is one of the most difficult problems in the theory and practice. For the development of modern management approaches, criteria, methods, contributing to the development of quality necessary to understand the essence and content of the scientific category of «quality». The article presents the author's interpretation of the different content of the concept of «quality» of Russian and foreign scientists. But the unambiguous interpretation of the phenomenon of «quality» in science is not, as Quality is a complex scientific category. The authors consider quality as a multifactorial phenomenon, has a system of general and specific indicators. The concept of «quality» as a scientific category in its development receives new content in line with the development of society, which requires a deep theoretical and practical analysis of its essence.

Keywords: quality, scientific category, the essence, content

Современная социально-экономическая ситуация в стране, глобальные вызовы требуют новых подходов к пониманию категории «качество». Управление качеством, в том числе в сфере закупок, требует чёткого понимания сущности и содержания научной категории «качество». Анализ литературы позволил сделать вывод о том, что толкование сущности понятия «качество» ведётся с разных научных позиций: философской, экономической, управленческой, социальной и др. Предпринятое отечественными учеными в 60-е годы прошлого века исследование различных точек зрения на понимание сущности данной дефиниции позволило, к примеру, выявить более ста толкований понятия «качество продукции». Интерес представляют, например, японские методы управления качеством [5].

Рассмотрим содержание категории «качество» в трактовке отечественных и зарубежных учёных. Аристотель в своем труде «Категории» рассуждает о качестве как о «сходном» – о «сходном и несходном» говорится только по отношению к качествам. Один предмет не является сходным с дру-

гим, кроме как поскольку, поскольку он дается качественно определенным. Поэтому отличительным признаком качества можно считать то обстоятельство, что о сходном и несходном говорится только лишь в применении к нему» [1, с. 158]. Основываясь на данном положении, Т.А. Салимова (2006) делает вывод о том, что подход Аристотеля к различию предметов по качеству стал основой «сравнительной деятельности в области качества на различных этапах изготовления продукции и заканчивая выбором товара потребителем» [7, с. 1]. Философское толкование категории «качество» представлено в трудах Р. Декарта, И. Канта, Дж. Локка, Л. Фейербаха и др.

Так, Гегель в своих работах обосновывает идеи системного понимания качества:

– исходными логическими проявлениями бытия являются качество, количество и мера;
– «качество есть в первую очередь тождественная с бытием непосредственная определенность» [3, с. 132];

– «количество есть, напротив, внешняя бытию безразличная для него определенность» [3, с. 132].

Автор	Качество – это...
Аристотель, «Метафизика»	качеством, с одной стороны, называется видовое отличие сущности, как например, человек есть некоторое качественно определённое животное двуногое, а конь – четвероногое; и круг – некоторая качественно определённая фигура, ибо эта фигура без углов, так что качеством является относящееся к сущности видовое отличие
Г. Гегель	качество есть вообще тождественная с бытием, непосредственная с бытием определённая... Ничто, то, что оно есть, есть благодаря своему качеству и, теряя своё качество, оно перестаёт быть тем, что оно есть
Экономический словарь	совокупность свойств объекта, обуславливающих его способность удовлетворять определённые потребности в соответствии с его назначением
А.А. Богданов	системная и структурная характеристика каких-то организованностей
А. Фейгенбаум	качество изделия или услуги можно определить как общую совокупность технических, технологических и эксплуатационных характеристик изделия или услуги, посредством которых изделие или услуга будут отвечать требованиям потребителя при их эксплуатации
В.Ю. Огвоздин	это совокупность объективно существующих свойств и характеристик продукции или услуги, уровень которых определяется сортностью или другими оценками потребительской стоимости продукции
С.И. Ожегов, Словарь русского языка	совокупность существенных признаков, свойств, особенностей, отличающих предмет или явление от других...
А.И. Субетто	качество есть сложная философская, экономическая, социальная и, одновременно, общественная системная категория
И.С. Тимофеев	качество в методологическом плане есть определённая предмет познания, устанавливаемая в отношении тождества и различия с другими предметами, при целостном рассмотрении признаков
С.Д. Ильенкова	качество – комплексное понятие, характеризующее эффективность всех сторон деятельности
Е.В. Пирогова	качество – это совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные или предполагаемые потребности

Отдельного изучения требуют вопросы определения содержания понятия «качество» в истории отечественной философии и науки. Отличительной чертой авторских определений качества у русских философов (Н.А. Бердяев, В.И. Вернадский, А.И. Ильин, В.В. Соловьев и др.) является ценностная значимость понятия «качество», его системный характер.

Взгляды современных философов и ученых на толкование категории «качество» по-прежнему выражают разные подходы. Авторские точки зрения на сущность научной категории «качество» условно можно рассматривать с философской, экономической, социальной, технической и др. позиций. Е.А. Горбашко предлагает к вышеперечисленным правовую позицию. С философских позиций категория качество рассматривается как осуществленная определённая объекта, в соответствии с которой он отличается от другого объекта, с экономических позиций качество принято рассматривать как результат удовлетворения потребностей. Качество рассматривается

как категория, зависящая от уровня культуры, религиозных, демографических и других особенностей индивидов и общества в целом с социальных позиций. Технические подходы к содержанию понятия «качество» определяются техническими закономерностями в образовании и проявлении физических, механических и др. технических характеристик объектов одинакового назначения. С правовых позиций «категория качества» определяется как совокупность свойств объекта, отвечающая требованиям, установленным в нормативно-правовых документах [2; 4; 6].

Остановимся на толковании содержания понятия «качество» А.И. Субетто о том, что качество есть сложная философская, экономическая, социальная и, одновременно, общественная системная категория, полное определение которой можно раскрыть только через обобщающую систему суждений-определений:

- качество есть совокупность свойств;
- качество структурно, оно представляется как иерархическая система свойств или качеств частей объекта или процесса;

- качество динамично;
- качество есть сущностная определенность объекта или процесса, выражающаяся в закономерной связи составляющих частей и элементов;
- качество – основа существования объекта или процесса, имеет двоякую обусловленность, выражающуюся в единстве внешнего и внутреннего;
- качество обуславливает единство объекта или процесса, его специфическую реакцию на внешние воздействия, целостность, упорядоченность, устойчивость;
- качество создаваемых человеком объектов и процессов, в отличие от качества других явлений природы, обуславливает ценность соответствующих объектов и процессов, их пригодность и приспособленность для определенных назначений, целей, задач, условий, выдвигаемых человеком [2, с. 183].

Интерес представляет точка зрения Е.А. Бодряковой (2007) о том, что категория «качество» в своём эволюционном развитии прошла через следующие этапы:

- античные философы до Аристотеля включительно – появление и становление категории «качество»;
- И. Кант, Г. Гегель – определение места категории «качество» в системе философских категорий;
- применение теоретических положений на практике – от учения К. Маркса, Ф. Энгельса о «диалектическом материализме» до развития системы управления качеством и внедрения международных стандартов качества ISO [2, с. 89].

Рассмотрим сущность категории «качество» на примере закупочной деятельности. За первое полугодие 2015 г. в соответствии с 44-ФЗ было заключено 1 595 458 контрактов. Общая сумма заключенных контрактов составила более чем 2,2 трлн рублей. Средняя цена контракта первого и второго кварталов 2015 г. – 1,3 млн рублей. При этом необходимо учитывать, что достаточно нестабильная экономическая ситуация привела к тому, что вместо годовых контрактов заключаются несколько последовательных краткосрочных контрактов. Такой подход позволил повысить стабильность цен для поставщиков (подрядчиков, исполнителей), что напрямую связано с качеством товаров, работ, услуг. Вопросы качества закупок сейчас приобрели особую остроту, о чем свидетельствует рост

количества расторгаемых контрактов. На 30 июня 2015 г. за период с 1 января было расторгнуто 234 024 контрактов (на сумму более 523,8 млрд рублей). Это существенно превышает показатели 2014 г. Заказчики расторгают контракты в одностороннем порядке в связи с недобросовестным их исполнением со стороны поставщиков (подрядчиков, исполнителей). В Реестр недобросовестных поставщиков по итогам рассмотрений ФАС России обращений о включении сведений об участниках закупки в РНП включены сведения о 1569 недобросовестных поставщиках (подрядчиках, исполнителях). Число обращений, по сравнению с 2014 годом, выросло более чем в два раза. Ключевыми позициями развития «качества» закупок являются: практика планирования и нормирования закупок; централизация закупок в рамках контрактной системы; создание и функционирование контрактных служб; экспертиза результатов исполнения контрактов; общественный контроль закупочной деятельности и др. К примеру, в ОАО «Ростелеком» оптимальное соотношение качества и стоимости покупаемой продукции достигается при проведении конкурсов и запросов предложений, а необходимое качество покупаемой продукции при ее наименьшей стоимости – запросом котировок и через аукцион.

Сравнительный анализ понятия «качество» и изучение эволюции толкования данного термина позволяет утверждать, что понятие «качество» начинает своё формирование как философская категория. XX век вносит существенные изменения, позволяющие дать экономическую характеристику понятию качество, заключающуюся в понимании качества как результата удовлетворения потребностей через комплексное восприятие категории качества с точки зрения потребителя, наличие некой градации (плохо, хорошо, отлично) и др.

Динамичность категории «качество» нашла отражение в эволюции данного понятия. При осуществлении закупок качественного исполнения требуют управленческая деятельность, процедуры, методы и др. Принцип жизненного цикла, который нашел отражение в контрактах жизненного цикла, в основе своей содержит анализ основных стадий развития, изменения качества товаров и работ. Данные вопросы требуют теоретического обоснования и практического решения.

Таким образом, понятие «качество» как научная категория в своем развитии получает новое наполнение в соответствии с развитием общества.

Список литературы

1. Аристотель. Этика. Политика. Риторика. Поэтика. Категории. – Минск, Литература, 1998.
2. Бодрякова Е.А. Проблема развития категории качества // Медицина и образование в Сибири. – 2007. – № 4.
3. Гегель. Наука логики: В 3 т. – М.: Мысль, 1970.
4. Герасимов Е.Б., Герасимов Б.И., Сизикин А.Ю. Управление качеством. – 2009. – 256 с.
5. Исикава К. Японские методы управления качеством. – М.: Экономика, 1988.
6. Копнов В.А., Бессонов А.И., Астафьева О.М. Стратегический подход к управлению качеством закупок машиностроительного предприятия: монография. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2012 – 142 с.
7. Салимова Т.А. Управление качеством: учебник. – М.: ОМЕГА-Л, 2008.

References

1. Aristotel. *Etika. Politika. Ritorika. Pojetika. Kategorii.* Minsk, Literatura, 1998.

2. Bodrjakova E.A. Problema razvitija kategorii kachestva // *Medicina i obrazovanie v Sibiri*, 2007. no. 4.

3. Gegel. *Nauka logiki: V 3 t.* M.: Mysl, 1970.

4. Gerasimov E.B., Gerasimov B.I., Sizikin A.Ju. *Upravlenie kachestvom.* 2009. 256 p.

5. Isikava K. *Japonskie metody upravljenja kachestvom.* M.: Jekonomika, 1988.

6. Kopnov V.A., Bessonov A.I., Astafeva O.M. *Strategicheskij podhod k upravleniju kachestvom zakupok mashinostroitel'nogo predprijatija.* Monografija. Ekaterinburg: Ural. gos. lesotehn. un-t, 2012 142 p.

7. Salimova T.A. *Upravlenie kachestvom: uchebnik.* M.: OMEGA-L, 2008.

Рецензенты:

Глущенко В.М., д.э.н., д.воен.н., профессор, Московский городской университет управления Правительства Москвы, г. Москва;

Землин А.И., д.ю.н., профессор кафедры управления государственными и муниципальными заказами, Московский городской университет управления Правительства Москвы, г. Москва.

УДК 332.133.22:517.977.52

ОПТИМАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ИНВЕСТИЦИЙ В НАУКУ В УСЛОВИЯХ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

¹Гурбан И.А., ^{1,2}Тарасев А.А.

¹ФГБУН «Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук»,
Екатеринбург, e-mail: inessagurban@gmail.com;

²Институт государственного управления и предпринимательства, Уральский федеральный
университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
Екатеринбург, e-mail: alextarassiev@mail.ru

Статья посвящена задаче определения уровня инвестиций в сферу науки на уровне, необходимом для обеспечения устойчивого развития экономических систем. За минувшее десятилетие в России произошло сокращение численности персонала, занятого в научных отраслях. При этом произошло увеличение инвестиционных потоков в наукоемкие отрасли. Для корректировки и повышения отдачи от инвестиционных потоков необходимы научно обоснованные прогнозы, отражающие изменение динамики инвестиций в зависимости от результативности их использования. Для решения данной проблемы рассматривается модель пропорционального экономического роста, в которой динамика трудовых ресурсов удовлетворяет заданным условиям пропорциональности. Пропорциональность экономического развития в этой модели достигается за счет решения задачи оптимизации объема выпуска при заданных затратах на протяжении всего периода развития системы. Инвестиции в трудовые ресурсы в рамках модели выступают в роли управляющих параметров и предназначены для поддержания пропорционального развития экономических систем. Механизм ценообразования описан комбинацией модели дуополии Курно и степенной функции Кобба – Дугласа. В рамках исследования задано соотношение пропорциональности между капиталом и трудовыми ресурсами, объединяющее их через механизм ценообразования по заработной плате на рынке труда. В соответствии с предлагаемой конструкцией пропорциональные решения агрегируются в общие затраты на трудовые ресурсы и передаются на верхний уровень оптимизации. Модель представлена в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений, стационарные точки которой генерируют равновесные состояния экономики. В результате разработки данной модели возможно получение прогноза уровня общих инвестиций в трудовые ресурсы, необходимого для устойчивого развития рынка труда, на конечном и бесконечном горизонте.

Ключевые слова: оптимальное управление, трудовые ресурсы, дуополия Курно, пропорциональный экономический рост, мультиуровневая оптимизация

OPTIMAL INVESTMENT LEVEL INTO SCIENCE IN TERMS OF PROPORTIONAL ECONOMIC GROWTH

¹Gurban I.A., ^{1,2}Tarasev A.A.

¹Institute of economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, e-mail: inessagurban@gmail.com;

²The Institute of Public Administration and Entrepreneurship, Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, e-mail: alextarassiev@mail.ru

The work is devoted to the problem of determining the optimal level of investments into science at the ratio required to ensure the sustainable development of economic systems. Over the past decade, Russia has been reduced the number of personnel engaged in scientific fields. At the same time there was an increase in investment flows in the high-tech industry. To adjust and increase the impact of investment flows science-based projections are required. We need to reflect the investment dynamics, depending on the effectiveness of their use. To solve this problem we develop the proportional growth model in which the dynamics of capital and labor meets the proportionality conditions. Proportionality of economic growth in this model is obtained by solving the output maximization problem under fixed costs at each time period. Investments directed into labor resources in terms of this model serve as control parameters and are intended to maintain the balanced development of economic systems. In this paper, we define the proportion between capital and labor resources and combine them through the price formation mechanism for dynamics of labor salaries. The price formation mechanism is described by a combination of Cournot duopoly model and the power function of the Cobb-Douglas. Under the proposed design Solutions of the first level of optimization are aggregated in proportion to the overall cost of labor and transferred to the upper level of optimization. The model is resulted in the system of nonlinear differential equations whose stationary points generate equilibrium states of the economy.

Keywords: optimal control, human resources, Cournot duopoly, proportional economic growth, multilevel optimization

Негативная демографическая ситуация в России предопределила наличие многочисленных проблем рынка труда. Сочетание высоких показателей оборота рабочей силы с низкими показателями оборота ра-

бочих мест составляет важнейшую черту российского рынка. Ввиду сложной социально-экономической ситуации, сложившейся на российском рынке труда в последние годы, неизбежно привлечение трудовых

ресурсов из стран ближнего зарубежья [3, 10] в количестве и качестве, необходимом для устойчивого развития системы. В то же время трудовая миграция несет в себе множество рисков и угроз устойчивому развитию экономических систем принимающих территорий [5, 6, 12]. Направленность миграционных потоков претерпевает неизбежные изменения в зависимости от развития социально-экономической ситуации на территориях притяжения [2].

Процесс моделирования оптимального уровня инвестиций в экономику должен также учитывать интенсивность развития региональной экономики, находящуюся в прямой зависимости от состояния энергетической обеспеченности [4] и объема природно-ресурсного капитала территории [8]. По России в целом за период 1994–2013 гг. количество работников организаций, выполнявших научные исследования и разработки (НИР), сократилось практически на треть (рис. 1): численность занятого НИР персонала снизилась на 33,8% (с 1098,2 тыс. человек в 1994 году до 727,0 тыс. человек в 2013 г.), снижение доли исследователей составило 29,8%. При этом снижение общей численности населения страны за исследуемый период составило всего около 2,7%.

Число выполнявших НИР организаций за анализируемый период сократилось лишь на 11,2% (с 4059 в 1995 г. до 3605 в 2013 г.). Очевидно, что в настоящее время наблюдается процесс значительного сокращения

численности научных кадров. На рис. 2 приведены динамика изменения объема инвестиций в основной капитал по сферам образования и науки за период 2000–2013 гг., а также изменение величины внутренних затрат на НИР и объема произведенной в стране инновационной продукции за период 1994–2013 гг. Объем инвестиций в основной капитал по виду экономической деятельности – наука за период 2000–2013 гг. в текущих ценах вырос в 23,2 раза, в сопоставимых ценах – в 5,8 раза.

За период 1994–2013 гг. рост внутренних затрат на исследования и разработки в текущих ценах составил 145,7 раза, в сопоставимых ценах – 4,1 раза; если же считать с 2000 г., то в текущих ценах рост составил 9,8 раза, в сопоставимых ценах – всего 2,6 раза. Для корректировки и повышения отдачи от инвестиционных потоков необходимы научно обоснованные прогнозы, отражающие изменение динамики инвестиций в зависимости от результативности их использования. В качестве основы модели выступает классическая задача оптимального управления инвестициями в капитал [1, 7, 11], которая расширяется за счет блока управления общими затратами, направленными в рынок труда. В данной модели предлагается степенная форма зависимости объема выпуска от трудовых ресурсов, заданная с помощью степенной функции Кобба – Дугласа:

$$y(t) = a \cdot e^{bt} \cdot K^{\alpha}(t) \cdot L^{\beta}(t). \quad (1)$$

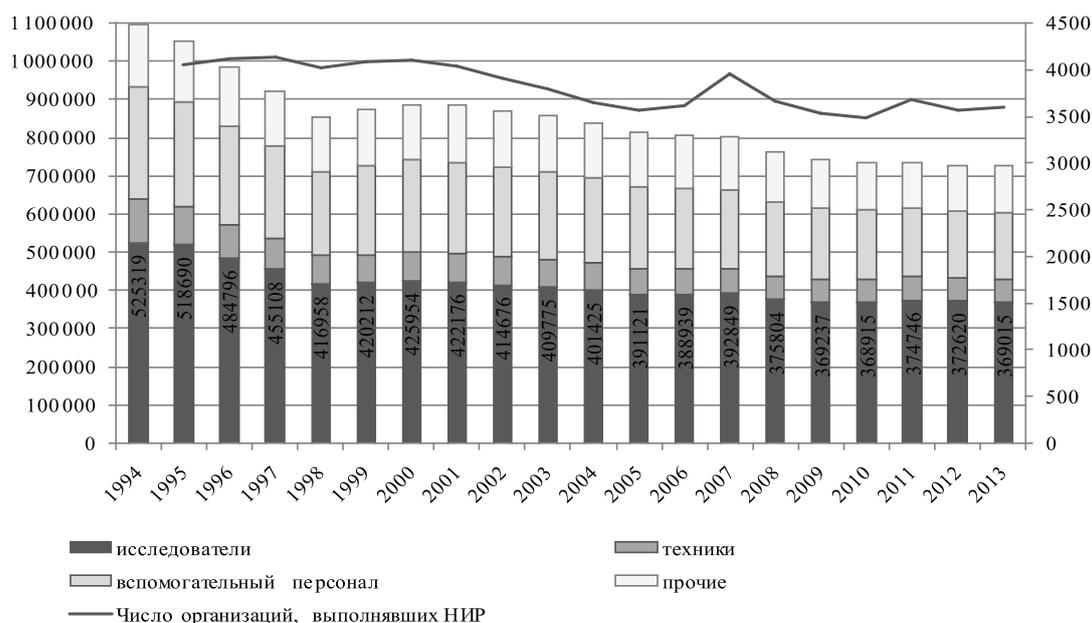


Рис. 1. Число организаций (единиц) и численность работников (человек), выполнявших научные исследования и разработки (по категориям), за период 1994–2013 гг. Источник: составлено по данным Росстата РФ [9]



Рис. 2. Объем инвестиций в основной капитал по ВЭД образование и наука за период 2000–2013 гг.; внутренние затраты на исследования, объем инновационных товаров, за период 1994–2013 гг. (в текущих ценах). Источник: составлено по данным Росстата РФ

Производственная функция типа Кобба-Дугласа включает в себя показатели эластичности выпуска α и β к капиталу $K = K(t)$ и трудовым ресурсам $L = L(t)$, а также множитель $a \cdot e^{bt}$, возрастающий экспоненциально и определяющий рост объемов выпуска за счет факторов, учтенных в данной модели неявно. Капитал в рамках данной модели соответствует основным фондам, а трудовые ресурсы определяют численность занятого в отрасли населения. Трудовые ресурсы подчинены классической динамике, при которой инвестиционные составляющие, скорректированные на величину обесценивания соответствующего фактора, способствуют росту рассматриваемых показателей.

Предположим, что стоимость трудовых ресурсов определяется на основе уровня ВВП страны и численности занятого на рынке труда населения. Пропорции в модели не являются фиксированными, при этом их динамика зависит от механизма ценообразования, основанного на модели дуополии Курно

$$p(t) = a_p \cdot \leq(t) - b_p \cdot L(t).$$

Механизм ценообразования в данной модели представлен как игрок, который устанавливает цену трудовых ресурсов. Приведение параметров модели к относительным величинам позволит выразить

скорость роста цен и описать динамику инвестиционных потоков в условиях пропорционального развития описываемой системы. Составим основную пропорцию, определяющую динамику взаимодействия капитала и трудовых ресурсов в данной модели, что позволит максимизировать объем выпуска при заданных затратах:

$$y(t) = a \cdot e^{bt} \cdot K^\alpha(t) \cdot L^\beta(t) \xrightarrow{K,L} \max.$$

При этом необходимо учесть ряд ограничений на основные параметры модели, обеспечивающих адекватное поведение рассматриваемой системы на конечном и бесконечном горизонтах. Расходы на основные управляющие параметры модели, капитал и трудовые ресурсы ограничены соотношением $K(t) + p(t) \cdot L(t) = C(t)$, определяющим их линейную зависимость от величины общих затрат.

В результате получаем классическую задачу микроэкономики, аналитическое решение которой возможно получить с помощью метода Лагранжа. Для оптимизационной задачи первого уровня модели справедливо условие пропорциональности между капиталом и трудовыми ресурсами, необходимое для обеспечения сбалансированного состояния экономической системы в модели

$$\frac{K}{L} = \frac{\alpha \cdot p(t)}{\beta}.$$

В силу условия однородности, заданного в модели, данное соотношение приводит к линейности оптимального решения относительно общей стоимости. С помощью функции $A(t)$ определяется доля выпуска, полученная за счет факторов, учтенных в модели косвенно. Агрегированная переменная $C = C(t)$ в соответствии с логикой модели, передается на второй уровень для решения задачи управления инвестициями, направленными в капитал и трудовые ресурсы.

Агрегированный показатель скорости роста цен в рамках рассматриваемой системы выражается через скорости роста цен, заданных для основных параметров модели экономического роста:

$$r(t) = \alpha \cdot r_K(t) + \beta \cdot r_L(t). \quad (2)$$

Выразим скорости роста цен для капитала и трудовых ресурсов. В результате получим значения скорости роста цен для заданных управляющих параметров. Приведем инвестиционные потоки для капитала и трудовых ресурсов к упрощенному виду:

$$s_K(t) = \gamma_K(t) \cdot s(t) + \frac{\dot{\gamma}_K(t)}{A(t)} \times \\ \times ((r(t) - r_K(t)) - (\delta(t) - \delta_K(t))) + \\ + \frac{1}{A(t)} \cdot \dot{\gamma}_K(t). \quad (3)$$

Динамика инвестиций в трудовые ресурсы выражается через величину общих инвестиционных затрат, аналогично описанному выше поведению инвестиционных потоков, направленных в основные фонды:

$$s_L(t) = \gamma_L(t) \cdot s(t) + \frac{\dot{\gamma}_L(t)}{A(t)} \times \\ \times ((r(t) - r_L(t)) - (\delta(t) - \delta_L(t))) + \\ + \frac{1}{A(t)} \cdot \dot{\gamma}_L(t). \quad (4)$$

На основании изложенных выше положений составим уравнение баланса, необходимое для выражения абсолютного значения потребления $C(t)$ в относительных величинах. В рамках производственного цикла необходимо как инвестирование в основные фонды, так и покрытие расходов, направленных на трудовые ресурсы. Уравнение баланса регламентирует распределение выпуска на инвестиции $I_K(t) = s_K(t) \cdot y(t)$ и $I_L(t) = s_L(t) \cdot y(t)$, описывающие вложения в основной капитал и трудовые ресурсы,

а также распределение абсолютного значения потребления:

$$C(t) = a \cdot e^{bt} \cdot K^\alpha(t) \cdot L^\beta(t) - \\ - s_K(t) \cdot y(t) - s_L(t) \cdot y(t). \quad (5)$$

В соответствии с конструкцией модели решения первого уровня агрегируются в стоимостные затраты и передаются на второй уровень оптимизации. Динамическая оптимизация макроэкономических показателей проводится на втором уровне с помощью принципа максимума Понтрягина. Составим функцию полезности для определения качества модельных траекторий на втором уровне оптимизации:

$$J = \int_0^T e^{-\rho t} (\ln A(t) + \ln C(t) + \ln(1 - s(t))) dt. \quad (6)$$

Рассмотрим задачу оптимального управления для инвестиций на втором уровне оптимизации. Данная задача характеризуется максимизацией функции полезности в условиях управляемой системы на траекториях полученных в результате описания следующей динамики:

$$\dot{C}(t) = C(t) \cdot (A(t) \cdot s(t) - \sigma(t)). \quad (7)$$

Обобщенная амортизация затрат определяется разностью между агрегированным уровнем обесценивания и скоростью роста цен $\sigma(t) = \delta(t) - r(t)$. На втором уровне оптимизации рассматривается задача оптимального управления для инвестиций. Решением данной задачи в рамках принципа максимума Понтрягина является оптимальный уровень инвестиций, который связывает все блоки модели. Получим аналитические соотношения для оптимального управления посредством подстановки решений уравнений гамильтоновой динамики в структуру оптимального управления. При рассмотрении задачи экономического роста на бесконечном горизонте оптимальное управление задано следующим соотношением:

$$s^*(t) = \begin{cases} 0, & 1 - \frac{\rho}{A(t)} < 0; \\ 1 - \frac{\rho}{A(t)}, & 0 \leq 1 - \frac{\rho}{A(t)} \leq s^0; \\ s^0, & 1 - \frac{\rho}{A(t)} > s^0. \end{cases} \quad (8)$$

При получении оптимальных инвестиций $s^*(t)$ возможно выполнить обратный переход от второго уровня оптимизации к первому уровню, а также определить структуру оптимальных инвестиционных потоков, направленных на обеспечение трудовых ресурсов в соответствии с условиями

начальной системы. За счет свойства вогнутости максимизированного гамильтониана по переменной S принцип максимума Понтрягина выделяет траектории, удовлетворяющие условию оптимальности для задачи управления.

Итоговая модель является моделью пропорционального экономического роста, обеспечиваемого оптимальными инвестициями, направленными в основные фонды и на содержание трудовых ресурсов, и может быть использована для эконометрического анализа и прогностического моделирования устойчивого развития стран и регионов при оптимизации потоков инвестиций. Изменение пропорционального соотношения в направленности инвестиционных потоков в различные сферы экономики может привести к последующему дисбалансу экономической системы в целом. Увеличение инвестиционного потока, направленного на повышение уровня инвестиций в науку, впоследствии приведет к повышению отдачи от наукоемких отраслей экономики. Модель целесообразно использовать для выделения основных составляющих экономических систем и определения доли социально-экономических инноваций на уровне региональной экономики, что в результате позволит определить оптимальный уровень потоков инвестиций, необходимый для обеспечения устойчивого социально-экономического развития инновационных сфер экономики.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 14-06-31167 мол а «Формирование механизма управления человеческим капиталом региона в условиях необходимости развития высокотехнологичного сектора экономики»).

Список литературы

1. Асеев С.М., Кряжмский А.В. Принцип максимума Понтрягина и задачи оптимального экономического роста // Труды математического института им. В.А. Стеклова. – 2007. – Т. 257. – С. 5–271.
2. Васильева Е.В., Быстрай Г.П., Пономарева Т.В. Мониторинг товарных рынков России: первый год членства в ВТО // Экономические стратегии. – 2014. – Т. 16. – № 10(126). – С. 54–61.
3. Васильева Е.В., Пономарева Т.В. Диагностика чувствительности субъектов Федерации к условиям членства России в ВТО // Экономический анализ: теория и практика. – 2014. – № 20 (371). – С. 16–22.
4. Денисова О.А., Пыхов П.А. Оценка современного и перспективного состояния УрФО с позиций энергетической безопасности // Экономика региона. – 2008. – № 4. – С. 52–61.
5. Найдёнов А.С., Кривенко И.А. Теневая экономика в условиях экономического кризиса: диагностика состояния и прогнозирование последствий // Экономика региона. – 2013. – № 1 (33). – С. 46–53.
6. Найдёнов А.С., Судакова А.Е., Кривенко И.А. Анализ экономической интеграции регионов уральского федерального округа // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 10. – С. 446–450.

7. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Физматгиз, 1961. – 391 с.

8. Пыхов П.А. Диагностика природно-ресурсного капитала территории // Экономика региона. – 2013. – № 2. – С. 55–63.

9. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2014: Стат. сб. / Росстат. – М., 2014. – 900 с.

10. Чичканов В.П., Судакова А.Е., Кривенко И.А. Анализ нелегального рынка рабского труда в регионах России // Известия высших учебных заведений. Социология. Экономика. Политика. – 2015. – № 1 (44). – С. 80–83.

11. Ane B.K., Tarasyev A.M., Watanabe C. Construction of Nonlinear Stabilizer for Trajectories of Economic Growth // Journal of Optimization Theory and Applications. – 2007. – Vol. 134. – № 2. – P. 303–320.

12. Naidenov A.S., Krivenko I.A. View's' Evolution of Western Researchers to Understanding of the Illegal Economy // Журнал экономической теории. – 2014. – № 4. – С. 221–229.

References

1. Aseev S.M., Krjazhinskij A.V. Princip maksimuma Pонтрягина i zadachi optimalnogo jekonomicheskogo rosta // Trudy matematicheskogo instituta im. V.A. Steklova. 2007. T. 257. pp. 5–271.
2. Vasileva E.V., Bystraj G.P., Ponomareva T.V. Monitoring tovarnyh rynkov Rossii: pervyj god chlenstva v VTO // Jekonomicheskie strategii. 2014. T. 16. no. 10(126). pp. 54–61.
3. Vasileva E.V., Ponomareva T.V. Diagnostika chuvstvitelnosti subektov Federacii k uslovijam chlenstva Rossii v VTO // Jekonomicheskij analiz: teorija i praktika. 2014. no. 20 (371). pp. 16–22.
4. Denisova O.A., Pyhov P.A. Ocenka sovremennogo i perspektivnogo sostojanija UrFO s pozicij jenergeticheskoj bezopasnosti // Jekonomika regiona. 2008. no. S4. pp. 52–61.
5. Najdjonov A.S., Krivenko I.A. Tenevaja jekonomika v uslovijah jekonomicheskogo krizisa: diagnostika sostojanija i prognozirovanie posledstvij // Jekonomika regiona. 2013. no. 1 (33). pp. 46–53.
6. Najdjonov A.S., Sudakova A.E., Krivenko I.A. Analiz jekonomicheskoi integracii regionov ural'skogo federal'nogo okruga // Jekonomika i predprinimatel'stvo. 2014. no. 10. pp. 446–450.
7. Pонтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. М.: Физматгиз, 1961. 391 p.
8. Pyhov P.A. Diagnostika prirodno-resursnogo kapitala territorii // Jekonomika regiona. 2013. no. 2. pp. 55–63.
9. Regiony Rossii. Socialno-jekonomicheskie pokazateli. 2014: Stat. sb. / Rosstat. M., 2014. 900 p.
10. Chichkanov V.P., Sudakova A.E., Krivenko I.A. Analiz nelegalnogo rynka rabskogo truda v regionah Rossii // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Sociologija. Jekonomika. Politika. 2015. no. 1 (44). pp. 80–83.
11. Ane B.K., Tarasyev A.M., Watanabe C. Construction of Nonlinear Stabilizer for Trajectories of Economic Growth // Journal of Optimization Theory and Applications. 2007. Vol. 134. no. 2. pp. 303–320.
12. Naidenov A.S., Krivenko I.A. Views Evolution of Western Researchers to Understanding of the Illegal Economy // Zhurnal jekonomicheskoi teorii. 2014. no. 4. pp. 221–229.

Рецензенты:

Андреева Е.Л., д.э.н., профессор, руководитель центра региональных компаративных исследований, Институт экономики Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург;
Петров М.Б., д.т.н., доцент, руководитель центра развития и размещения производительных сил, Институт экономики Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург.

УДК 330.322:658

ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ РИСКАМИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ

Егорова Т.Н., Алехина Л.Л.

*ФГБОУ ВПО «Орловский государственный институт экономики и торговли»,
Орел, e-mail: tategorova01@yandex.ru, allar9372@mail.ru*

Эффективное управление инновационно-инвестиционной деятельностью и связанными с ней рисками обеспечивает экономическую безопасность хозяйственной деятельности предприятия. Управление рисками, связанными с вложением инвестиций в инновации, представляет собой процесс выявления, анализа, оценки риска и принятия решения, которое призвано максимизировать положительные и минимизировать отрицательные последствия его наступления. При решении проблем рисков инвестиций в инновационные проекты необходим интегрированный подход к использованию методов и приемов, реализуемых на предприятии при выполнении управляющего воздействия. Интегрированный подход – это не пассивная реакция на проявление возможных рисков в результате управления, а активная деятельность, предусматривающая предвидение возможных нештатных (рисковых) ситуаций и, следовательно, обеспечивающая больше возможностей по снижению неопределенности и ограничению опасности. В статье автор обращается к новой синергетико-институциональной парадигме управления, учитывающей цикличность и колебания, фазовые переходы, расслоенность экономических процессов.

Ключевые слова: инновационно-инвестиционная деятельность, управление рисками, системно-синергетический подход

MANAGEMENT OF INVESTMENT RISK IN INDUSTRIAL ENTERPRISES UNDER UNCERTAINTY INFORMATION

Egorova T.N., Alekhina L.L.

Oryol State Institute of Economy and Trade, Oryol, e-mail: tategorova01@yandex.ru, allar9372@mail.ru

The effective management of innovative investment process and its risks provide the economic safety and economic activity. The process of risk management connecting with the investing in innovation it is the process of analysis, estimation of risks and making decisions, which can maximize its positive and minimize its negative effects. It is necessary to use integrated method of economic management solving risk problems. Integrated process it is the process of an active response to prevent all possible risks and reduction and limitation all risks. The author refers to a new synergic institute paradigm of management which considers the cyclic wavering and phase transitions of economic processes.

Keywords: innovation, investment, risk management, system-synergetic approach

Вид неопределенности связан с причинами ее проявления, поэтому можно сказать, что неопределенность бывает:

1) количественной и обусловленной большим числом объектов или элементов рассмотрения;

2) ограничительной и связанной с ограничениями при принятии управленческих решений;

3) профессиональной и информационной, являясь следствием недостаточной компетентности лиц, принимающих решения, и неполнотой информации, ;

4) и, наконец она может быть связана с неопределенностью внешних условий и факторов, влияющих на принятие того или иного решения [7].

Элементы информационной структуры имеют качественные и количественные параметры, и если они неизвестны, то в этом случае говорят о проявлении неопределенности. Процесс принятия управленческого решения в сложных ситуациях представ-

ляет собой последовательное уменьшение неопределенности значений управляющих параметров до определенного допустимого значения, сводя при этом ситуацию к приемлемому риску. Развитие действующих и разработка новых моделей, учитывающих риски, создание новых форм и методов управления, способствуют развитию и адаптации промышленных предприятий в постоянно меняющихся внешних условиях их функционирования.

Сложные экономические системы, к которым относятся фирмы, организации, предприятия, характеризуются большим количеством возможных состояний, предполагают поиск новых подходов к процессу управления ими. Как в любой реально функционирующей системе, в экономических системах действуют скрытые механизмы хаотических процессов, которые лежат в основе синергетической теории и являются источником и причиной развития сложных структур, процессов организации

и управления инновационно-инвестиционной деятельностью. Поэтому новый подход в теории развития сложных систем основывается на принципах нелинейности, необратимости, неравновесности, допускающих предположение о том, что для перехода системы на новый, более высокий уровень в ней должны быть созданы естественным или искусственным путем условия для внутренней свободы, хаотичности, изменения степеней свободы и состояния.

В связи с этим в теории управления развивается новый подход к анализу и управлению инновационно-инвестиционной деятельностью в организациях (предприятиях), основанный на хаотической логике, учитывающей неопределенность поведения системы, возможные (вероятностные) пути развития, проявляющиеся как результат притяжения системы в области-аттракторы при определенных условиях ее функционирования. Эти возможные состояния в точках бифуркации направляют развитие системы, которая при этом самоорганизуется в качественно новое состояние.

Новая синергетико-институциональная парадигма управления, учитывающая цикличность и колебания, фазовые переходы, расслоенность экономических процессов (в том числе инвестиционных и инновационных), основана на системной концепции сложности и развития. Она дает возможность анализировать процессы организации – перехода от хаоса к структурам и регулярности, а следовательно, к анализу и управлению рискам в инновационно-инвестиционной деятельности [3, 4, 5, 6].

Управление рисками, связанными с вложением инвестиций в инновации, представляет собой процесс выявления, анализа, оценки риска и принятия решения, которое призвано максимизировать положительные и минимизировать отрицательные последствия его наступления. Данные мероприятия взаимосвязаны не только друг с другом, но и с другими процессами хозяйственной деятельности. Поэтому при решении проблем рисков инвестиций в инновационные проекты необходим интегрированный подход к использованию методов и приемов, реализуемых на предприятии при выполнении управляющего воздействия. Интегрированный подход – это не пассивная реакция на проявление возможных рисков в результате управления, а активная деятельность, предусматривающая предвидение возможных нештатных (рисковых) ситуаций и, следовательно, обеспечивающая больше возможностей по снижению неопределенности и ограничению опасности.

Управление риском по сути представляет собой совокупность мер в условиях ограниченной информации, направленных на исполнение тактических и стратегических задач, стоящих перед руководством предприятия, по поиску и организации работ, связанных со снижением уровня риска и увеличения доходов при приемлемом соотношении прибыли и риска.

Объектом управления является в данном случае риск принимаемого решения о вложении средств в инновационную деятельность и вызываемый характером экономических отношений между хозяйствующими субъектами. Субъектом управления выступает группа экономических агентов, обеспечивающих целенаправленное функционирование предприятия в определенных условиях.

Процесс управления, т.е. воздействие субъекта на объект управления, осуществляется в результате обмена необходимой информацией между двумя подсистемами: управляющей и управляемой. При этом решающее значение на принимаемое решение оказывает своевременность, объем и качество используемой информации. Эффективность процесса управления рисками на предприятии во многом определяется точностью и полнотой выражения потребностей и интересов всей организации, а также ее отдельных формальных и неформальных групп, мотивирующих поведение людей. Целеполагание лежит в основе главного принципа любого управляющего воздействия. Системно-синергетический подход пронизывает и определяет все стадии управленческой работы: информационную, организационную, регулируемую, координирующую и контрольную. Он подразумевает, что экономическая система состоит из активных субъектов, осуществляющих целенаправленную деятельность, связанную с анализом и управлением инновационно-инвестиционными рисками, которые не всегда способны к объективной оценке своих действий и действий других агентов, то есть проводят стратегию и тактику управления без жесткой привязки к внешним условиям. Такое поведение вызывает внутреннюю неустойчивость самого процесса, которая усиливается флуктуациями, приводящими к расхождению реальной динамики развития с его вероятностным направлением, обусловленным предыдущими событиями.

С точки зрения синергетико-институционального подхода, анализ, прогнозирование и планирование с целью разработки стратегии управления выражается не в определении возможных будущих оптимальных результатов, а в оценке возможных векторов развития. Тогда решение

поставленной задачи на уровне тактических действий будет состоять в определении доступных вариантов следующего хода.

Данный подход рассматривает инновационно-инвестиционную деятельность как и любой сложноорганизованный процесс, протекающий в условиях открытости хаосу. При этом следует уточнить, что хаотические процессы допустимы только до уровня, при котором они еще поддаются управлению, хотя именно попытка воздействия на него со стороны человека в результате принятия и осуществления недостаточно продуманных и несвоевременных решений вызывает неконтролируемые хаотические явления. Получается замкнутый цикл: стремясь преодолеть одни проблемы, мы создаем новые, причем более сложные и требующие иных, более затратных способов их разрешения. Эти вопросы усложняются при увеличении числа игнорированных факторов, т.к. такой подход к решению поставленных задач увеличивает вероятность того, что результаты управляющего воздействия окажутся далеки от запланированных. Устойчивость к негативным внешним и внутренним воздействиям связана со способностью составляющих системы, используя информационную базу, синхронизировать свои действия и принимать обоснованные рациональные решения. Именно качественная, своевременная и доступная в необходимом объеме информация служит одним из условий эффективности принятия решения и устойчивости системы управления в условиях наличия противоречий между ее элементами.

Эффективное управление инновационно-инвестиционной деятельностью и связанными с ней рисками обеспечивает экономическую безопасность хозяйственной деятельности предприятия. В современных условиях рыночной экономики, когда вопросу выживания и конкуренции уделяется все большее внимание, когда возрастает число и разнообразие факторов риска, влияющих на стабильность работы предприятия, – функция управления рисками приобретает самостоятельное значение и контроль над ней становится одним из важнейших условий обеспечения экономической стабильности предприятия. Так как реализация функции управления рисками на предприятии предполагает значительные ресурсные затраты и организационные усилия, то целесообразно создать отдельную подсистему управления, которая была бы логичным дополнением к уже существующим традиционным подсистемам предприятия.

Процесс управления рисками инновационно-инвестиционной деятельности носит системный характер, основывается

на концепции приемлемого уровня риска и представляет собой структуру, организованную по принципу иерархии. Управление рисками на предприятии предполагает, во-первых, планирование организационно-управленческих мероприятий и, во-вторых, их координацию. Для осуществления этих функций необходимо обозначить сроки и объемы проводимых мероприятий, разработать и предоставить нормативно-справочную документацию, определить пороговые значения уровня риска, обеспечить доведение до руководства предприятия результатов анализа и разработанные предложения и, в случае их утверждения, организовать работу по снижению или устранению риска.

Эти функции возлагаются на планово-координационный подуровень системы управления риском инновационно-инвестиционной деятельности предприятия, который обеспечивает согласование всех ее звеньев в соответствии с обозначенными целями.

Исполнительский подуровень также несет несколько функций: во-первых, на нем осуществляется текущий контроль за результатом управляющих воздействий и, во-вторых, фиксируется наличие отклонения уровня риска и его величина от обозначенных значений при разработке и утверждении антирисковых мероприятий. На этом подуровне своевременно выявляются нежелательные направления развития процессов вследствие некорректных решений или неконтролируемых изменений внешней среды предприятия, оцениваются изменения уровня риска, выявляются причины его возникновения, осуществляется анализ конкретных усилий по контролю и снижению, в случае необходимости, уровня риска инновационно-инвестиционной деятельности.

Функционирование данного уровня позволяет рекомендовать или не рекомендовать те или иные решения, упреждать наступление негативных явлений, а также дает возможность заранее подготовить комплекс мер по устранению или снижению риска. Вполне возможно, что в результате анализа будет установлено, что рассматриваемое решение неоправданно рисковое и от него следует отказаться. Данная функция исполнительского уровня является логичным дополнением к планово-координационной функции системы управления.

К основным принципам управления рисками инновационно-инвестиционного процесса с позиции синергетико-институционального подхода можно отнести следующие.

1. Управление экономическими процессами, рисками, связанными как с принятием управляющих решений, так и изменениями в окружающей предприятие среде, всегда

системно, и процесс управления представляет собой перевод этой системы из одного псевдоустойчивого состояния в другое. Это объясняется тем, что решения, принятые на одном экономическом уровне/подсистеме, влияют на процессы и решения в других взаимосвязанных уровнях/подсистемах, и нередко происходит столкновение мнений людей, находящихся на разных уровнях/подсистемах и преследующих свои интересы. Поэтому управление инновационно-инвестиционной деятельностью и её рисками имеет ряд особенностей: процесс принятия решения об инвестировании в инновации всегда сопряжен с уровнем неопределенности, неопределенность содержится в прогнозе динамики инновационной деятельности, векторе ее развития и, следовательно, неопределенности в результатах инвестиций в инновации на предприятии. Кроме того, инновационно-инвестиционная деятельность сложна по своей сути, имеет множество противоречий и нелинейный характер своего развития, причем – ускоренного, о чем свидетельствуют многочисленные исследования [1, 2].

2. Последние десятилетия характеризуются возрастанием роли человека в социально-экономических процессах, т.к. изменилась его ответственность как за принятие управленческого решения, так и за качественное его исполнение.

3. Управление рисками в современной науке рассматривается с позиций равновесия, когда не только процессы внутри системы, но и между внешней средой и системой находятся в стабильном, неизменном состоянии. Это позволяет утверждать, что результат управляющих воздействий пропорционален приложенным усилиям. Но для систем, функционирующих в реальных условиях, равновесные состояния являются временными, промежуточными между неравновесными состояниями. Система в неравновесных состояниях подчиняется другим (нелинейным) законам функционирования и развития, и результаты не пропорциональны проведенным усилиям. В таких системах возможны резонансные явления, когда слабые флуктуации (воздействия) в результате совместного усиления приводят к значительно большему эффекту, чем сильные, но несогласованные воздействия.

4. Поэтому управление рисками инновационно-инвестиционной деятельностью в условиях неопределенности сводится к сохранению относительной стабильности неравновесной системы с одновременным поиском новых адекватных ситуации альтернативных решений. В современных условиях обострения конкурентной борьбы

и экономических кризисов воздействие на процессы самоорганизации резонансных управленческих усилий весьма актуально. Данные воздействия должны ориентироваться на новые принципы организации, способные обеспечить эффективное функционирование предприятий в будущем.

5. Синергетико-институциональный подход к процессу управления рисками базируется на системной сложности, неравновесности и развитии. С позиций данного подхода мы рассматриваем систему как многоаспектное и многомерное образование, параметры которой с течением времени, вступаю в противоречия с изменяющимися условиями, что приводит к дисфункциональности системы, к её структурному кризису, что выражается в увеличении уровня риска. Пошаговый поиск эффективных управляющих воздействий, воспринимаемый как непрерывный процесс и отражающийся в концепции многомерности экономического пространства, можно описать математическими моделями с расплывчатыми представлениями об экстремуме.

6. Такие модели позволяют корректировать управляющее воздействие и воспроизводить процессы динамики вложения инвестиций в инновации в условиях неопределенности и риска под действием нелинейных взаимодействий внешних и внутренних факторов, с учетом влияния институциональных ограничений таким образом, чтобы за счет контроля внешней и внутренней среды не допустить снижение качественных характеристик системы.

В связи с тем, что любое стратегическое решение представляет собой результат субъективной оценки ситуации, сопряжено с определенной степенью неопределенностью и направлено на долгосрочную перспективу, мы предлагаем применение методов нечеткого математического программирования к решению задачи формирования эффективного управляющего воздействия.

Это позволит не только описать процесс управления инновационно-инвестиционной деятельностью с учетом рисков, но и оценить его эффективность в конкретных условиях функционирования предприятия.

Таким образом, применение институционально-синергетического подхода к анализу рисков инновационно-инвестиционной деятельности позволило сделать следующие выводы:

1. Процесс управления рисками инновационно-инвестиционной деятельности носит системный характер, основывается на концепции приемлемого уровня риска, представляет собой структуру, организованную по принципу иерархии, и представляет собой

совокупность мер в условиях ограниченной информации, направленных на исполнение тактических и стратегических задач, стоящих перед руководством предприятия, по поиску и организации работ, связанных со снижением уровня риска и увеличением доходов при приемлемом соотношении прибыли и риска.

2. Предложенная функциональная структура и разработанная модель управления риском на основе методов теории нечетких множеств позволяют корректировать управляющее воздействие и воспроизводить процессы динамики инвестирования в инновации в условиях неопределенности, под действием институциональных ограничений, не снижая качественные характеристики системы.

Список литературы

1. Глазьев С. Теория долгосрочного технико-экономического развития. – М.: Владар, 1993. – 310 с.
2. Глазьев С. Стратегия и концепция социально-экономического развития России до 2020 года: экономический анализ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spkurdyumov.ru/Glazev111.htm>.
3. Егорова Т.Н. Инвестиционная активность предприятий как основа их инновационного развития / Т.Н. Егорова, С.В. Шманёв // Транспортное дело России. – 2011. – № 9(94). – С. 43.
4. Егорова Т.Н. Инновационное развитие предприятия с учетом рискованных ситуаций / Т.Н. Егорова, С.А. Самотина, Е.В. Домогатская // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. – 2012. – № 3(8). – С. 33.
5. Егорова, Т.Н. Институционально-синергетический подход к инновационно-инвестиционной деятельности / Т.Н. Егорова, С.В. Шманёв, О.Н. Герасин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2. – С. 239–248.
6. Егорова, Т.Н. Новый институциональный подход к проблемам управления на базе концепции расслоенности

экономического пространства // Транспортное дело России. – 2012. – № 6(часть 2). – С. 25.

7. Иванов А. Как стимулируют инновации // Коммерсант: приложение к газете. – 2005. – № 215. – Режим доступа: <http://kommersant.ru/doc.aspx/docsid=625378>.

References

1. Glazev S. Teorija dolgosrochnogo tehniko-jekonomicheskogo razvitija. M.: Vladar, 1993. 310s.
2. Glazev S. Strategija i koncepcija socialno-jekonomicheskogo razvitija Rossii do 2020 goda: jekonomicheskij analiz. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://spkurdyumov.ru/Glazev111.htm>
3. Egorova T.N. Investicionnaja aktivnost predpriyatij kak osnova ih innovacionnogo razvitija / Egorova T.N., Shmanjov S.V. // Transportnoe delo Rossii. 2011. no. 9(94). pp. 43.
4. Egorova T.N. Innovacionnoe razvitie predpriyatija s uchetom riskovyh situacij [Tekst] / Egorova T.N., Samotina S.A., Domogatskaja E.V. // Innovacionnaja jekonomika: informacija, analitika, prognozy, no. 3(8). 2012. pp. 33.
5. Egorova T.N. Institucionalno-sinergeticheskij podhod k innovacionno-investicionnoj dejatel'nosti / Egorova T.N., Shmanjov S.V., Gerasin O.N. // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. no. 2. pp. 239–248.
6. Egorova T.N. Novyj institucionalnyj podhod k problemam upravlenija na baze koncepcii rassloennosti jekonomicheskogo prostranstva // Transportnoe delo Rossii. 2012. no. 6(chast 2). pp. 25.
7. Ivanov A. Kak stimulirujut innovacii [Jelektronnyj resurs] // Kommersant: prilozhenie k gazete. 2005. no. 215. Rezhim dostupa: <http://kommersant.ru/doc.aspx/docsid=625378>.

Рецензенты:

Давыдова Л.В., д.э.н., профессор кафедры «Финансы, денежное обращение, кредит и банки», ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», г. Орел;

Шманев С.В., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой экономики предприятий, ФГБОУ ВПО «Орловский государственный институт экономики и торговли», г. Орел.

УДК 332.145 + 338.242

ВНЕДРЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ПРАКТИКУ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Жуков Р.А.

ЧОО ВО Ассоциация «Тульский университет (ТИЭИ)», Тула, e-mail: pluszh@mail.ru

Обоснована необходимость использования экономико-математических методов при принятии управленческих решений органами государственного управления в своей практической деятельности. Представлена методология их использования на основе внедрения программного комплекса анализа, разработки прогнозов и принятия управленческих решений. Целью исследования является создание программного комплекса, позволяющего без специальных знаний экономико-математического аппарата руководителям различного уровня оценивать эффективность деятельности объектов и субъектов управления, а также принимать управленческие решения. Преимуществом используемого фундаментального подхода анализа и синтеза управленческих решений с целью гармонизации социально-экономического развития территорий, рассматриваемых как социо-эколого-экономические системы, является возможность оценки и сравнения в количественном выражении индикаторов, имеющих различную качественную природу. Результатом исследования стало создание программного комплекса, реализованного на языке Delphi с интуитивным интерфейсом и возможностью формирования отчетов на этапах анализа и синтеза. Предложенный программный комплекс может быть использован на любых уровнях управления, включая государственный, региональный и муниципальный уровни, а также позволит упростить работу специалистов в части принятия обоснованных управленческих решений.

Ключевые слова: эффективность, социо-эколого-экономические системы, показатель эффективности, математическая модель, прогноз, принятие управленческих решений, социально-экономическое развитие (СЭР), программный комплекс

IMPLEMENTATION ECONOMICS AND MATHEMATICAL OF SOFTWARE PACKAGES INTO THE WORK STATE ADMINISTRATION

Zhukov R.A.

CHOO Association «Tula University (TIEI)», Tula, e-mail: pluszh@mail.ru

The article proves the necessity of economic methods use in state administration practice. The methodology of their use on the basis of introduction of the software package of analysis, prognostication and decision-making is offered. The aim of the study is to create a software package, which helps administrators of different levels solve different managerial problems and evaluate the efficiency of the agents and objects of management without special knowledge in economics and mathematics. The advantage of this fundamental approach in the analysis and synthesis of managerial decisions in order to harmonize socioeconomic progress of the territory as socio-eco-economic system is the possibility of the evaluation and comparison of quantity indicators which have qualitative nature. The result of the study is the creation of the software package in Delphi language with the intuitive user interface and the possibility to form reports at different stages of the analysis and synthesis of the decisions. The offered software package can be used at different levels of administration, including state, regional and municipal levels. It will also simplify the work of specialists in the well-founded decision making.

Keywords: efficiency, socio-ecological-economic system, performance, mathematical model, prediction, decision-making, socio-economic development (SED), software system

В современном быстроразвивающемся обществе возникает необходимость формирования программ социально-экономического развития субъектов хозяйствования. Большой массив поступающей информации требует от специалистов особых знаний и методов статистической обработки данных, их анализа и принятия обоснованных (оптимальных) управленческих решений.

Большинство должностных лиц, принимающих соответствующие решения, имеют только общее представление о способах использования экономико-математических методов и моделей в практике своей деятельности, опираясь традиционно на экспертные оценки и директивные указания органов

управления более высокого уровня, которые должны быть приняты к исполнению.

В этом аспекте возникает вопрос: как, не владея математическим аппаратом, принять оптимальное управленческое решение. Ответом может быть создание, внедрение и использование программного комплекса (ПКСЭЭС) с понятным и интуитивным интерфейсом, который бы на основании статистических данных формировал бы рекомендации по использованию возможных альтернатив управления социо-эколого-экономической системой (СЭЭС), находящейся в зоне ответственности должностного лица.

В качестве базовой методологии предлагается использовать фундаментальный

подход оценки эффективности государственного управления, изложенный в [1], результаты применения которого описаны в [2, 3], а применительно к сельскохозяйственному производству в [4, 5].

Раздел анализа включает в себя следующие шаги [2].

1. Пусть имеется регион (МО, любой субъект хозяйствования) и показатели, характеризующие его социально-экономическое состояние (далее – исследуемый регион).

2. Выберем совокупность регионов (СР), включающих в себя исследуемый регион и охватывающие его (прилегающие к нему) регионы.

3. На основании экспертных данных сформируем набор параметров результативности деятельности в регионе («выходных параметров») и факторов, условий хозяйствования («входных» параметров), разделяя их по социальному, экономическому и экологическому направлениям (осям).

4. Разрабатываем модель связи выходных и входных параметров, предполагая ее линейной. Определяем коэффициенты чувствительности выходных параметров, характеризующих всю СР, к входным параметрам на основе использования реальных статистических данных по СР.

5. Упрощаем модель связи между выходными и входными параметрами, исключая факторы, имеющие малые коэффициенты чувствительности, по следующей методике.

В модели оставляем только факторы, оказывающие наибольшее влияние на выходные параметры.

При этом обеспечиваем сравнимость параметров за счет проведения процедуры «стандартизации».

6. По результатам пп. 1–5 имеем промежуточные результаты 1 по каждой из трех осей (социальной, экологической и экономической):
– набор выходных параметров (далее – «дифференциальных выходных параметров»);
– набор входных параметров;

– коэффициенты чувствительности (весовые коэффициенты) при входных параметрах.

7. Формируем модель связи т.н. «интегрального» (единого по каждой из осей) параметра в зависимости от входных параметров и степени связи между дифференциальными выходными параметрами.

8. По результатам п. 7 имеем промежуточные результаты 2 по каждой из трех осей (социальной, экологической и экономической):

– интегральные выходные параметры;
– набор входных параметров;
– измененные по сравнению с промежуточным результатом 1 коэффициенты чувствительности (весовые коэффициенты) при входных параметрах.

9. Определяем нормативное значение интегрального параметра по каждой из трех осей для исследуемого региона посредством подстановки статистических данных по входным факторам по исследуемому региону и модель связи по п. 7.

10. Определяем фактическое значение интегрального параметра по каждой из трех осей для исследуемого региона посредством вычисления этого параметра с учетом связи между дифференциальными фактическими параметрами.

11. Определяем показатель результативности деятельности в регионе по каждой из осей как отношение фактического значения интегрального параметра к нормативному.

Будем считать эти показатели результативностью развития регионов.

Если показатель больше или равен единице, то вдоль этой оси регион развивается успешно, в противном случае необходимо принять меры, по улучшению этих показателей. При этом могут возникнуть варианты, при которых вдоль одного направления регионы развиваются успешно, вдоль других нет, что отражает наличие асимметрии и рассматривается как негативная тенденция по отношению к требованию равномерности и устойчивости СЭС.

12. Определяем комплексный показатель результативности (коэффициент гармоничности) как отношение среднего значения показателей результативности деятельности по трем осям к величине разброса показателей.

Данный показатель характеризует результативность развития конкретного (*k*-го) региона в целом, который рассматривается как социо-эколого-экономическая система.

13. Определяем показатель эффективности деятельности государственного управления в регионе в виде отношения между двумя комплексными показателями результативности (коэффициентами гармоничности), характеризующими два момента времени: до внедрения комплекса управленческих решений, смены команды управленцев и т.д. и после этих мероприятий, либо в начале и конце года.

Чем выше этот показатель, тем эффективнее развитие региона (в период осуществления принятых решений), и тем эффективнее работа органов власти, ответственных за реализацию программ социально-экономического развития.

Синтез включает в себя следующие этапы.

1. Проводится оценка интегрального показателя результативности по каждой из трех осей путем сравнения их значений с единицей. Если показатель результативности больше или равен единице, то необходимо

сохранить тенденцию, если меньше единицы, то принимается решение о необходимости оптимизации деятельности органов государственного управления в соответствии со схемой дерева решений.

2. Вводим в формулу вычисления интегрального параметра результативности акселераторы для каждого входного параметра, учитывающего отклонение фактического значения интегрального параметра от нормативного значения для региона.

3. Идентифицируем те акселераторы, минимальное изменение которых приводит к максимальному изменению интегрального параметра с использованием метода наискорейшего спуска, и проводим их ранжирование.

То есть первый по значимости будет тот, который дает максимальное влияние на интегральный показатель результативности при минимальном возможном изменении выбранного акселератора.

4. Определяем набор ресурсов, имеющих в распоряжении региона, включая их в виде системы ограничений, накладываемых на возможные значения входных параметров.

5. Определяем значения проранжированных акселераторов, имеющих смысл необходимых изменений входных параметров с целью формирования оптимальных решений (какие входные параметры, как и насколько должны быть изменены для достижения нормативного значения интегрального параметра по каждой из осей).

Используя описанный алгоритм, последовательно найдем значения акселераторов с учетом найденного на предыдущем шаге.

Процесс продолжаем до тех пор, пока не будет выполнено условие оптимальности (показатель эффективности равен единице), после чего процедура поиска завершается.

При этом должны выполняться условия, учитывающие ограниченность используемых ресурсов.

Найденные акселераторы являются ни чем иным, как необходимыми управленческими решениями, выраженными количественно, которые должны привести в соответствие фактические и нормативные показатели эффективности управления органов государственной власти в регионе.

Данный комплекс должен содержать блок загрузки статистических данных, блок анализа статистических данных с использованием корреляционного и регрессионного анализа, блок формирования обобщающего показателя, модуль оценки эффективности деятельности органов государственного управления.

Также программный комплекс должен содержать модуль принятия управленческих решений и разработки прогнозов.

Результатом каждого этапа работы ПКСЭЭС должен стать сформированный документ, в котором отражены все необходимые данные для принятия управленческого решения.

В настоящее время разработка такого ПКСЭЭС находится на стадии формирования показателей эффективности оценки СЭР субъектов хозяйствования, а также формирования коэффициента гармоничности СЭР рассматриваемых территорий.

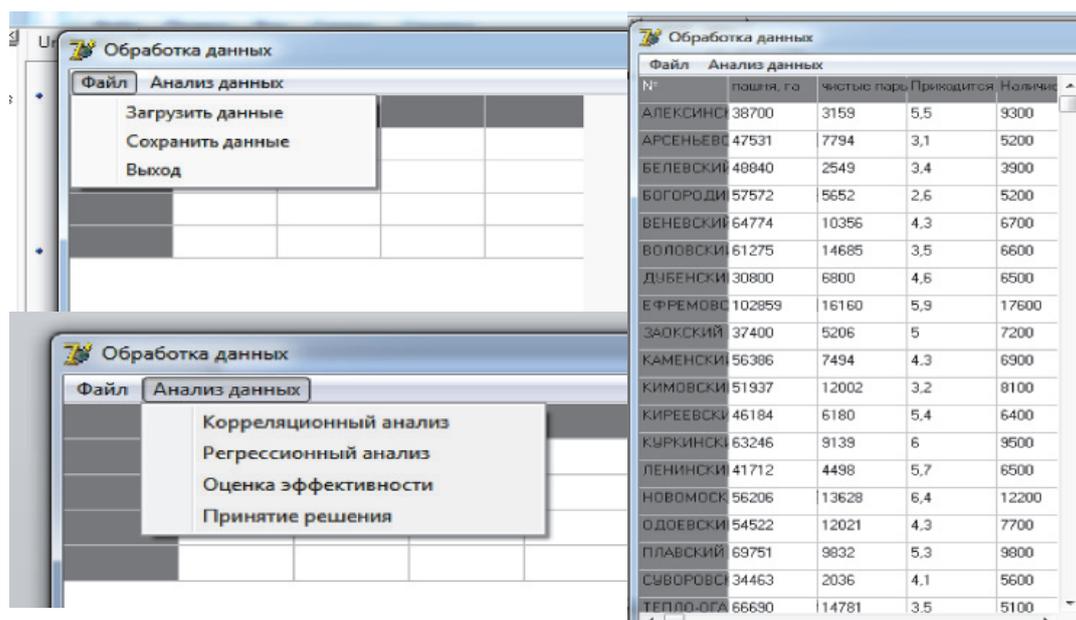


Рис. 1. Блок загрузки данных и статистической оценки (не обязателен для принятия решения)

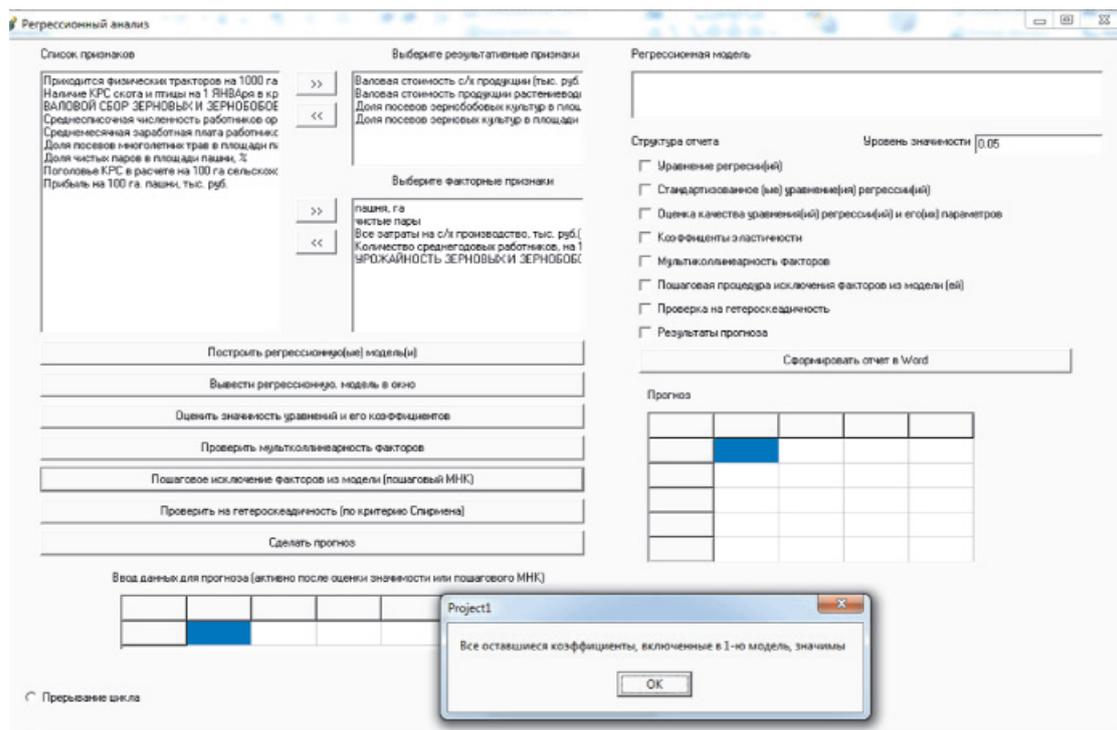


Рис. 2. Блок формирования норматива и прогноза
(можно использовать один из вариантов расчета)

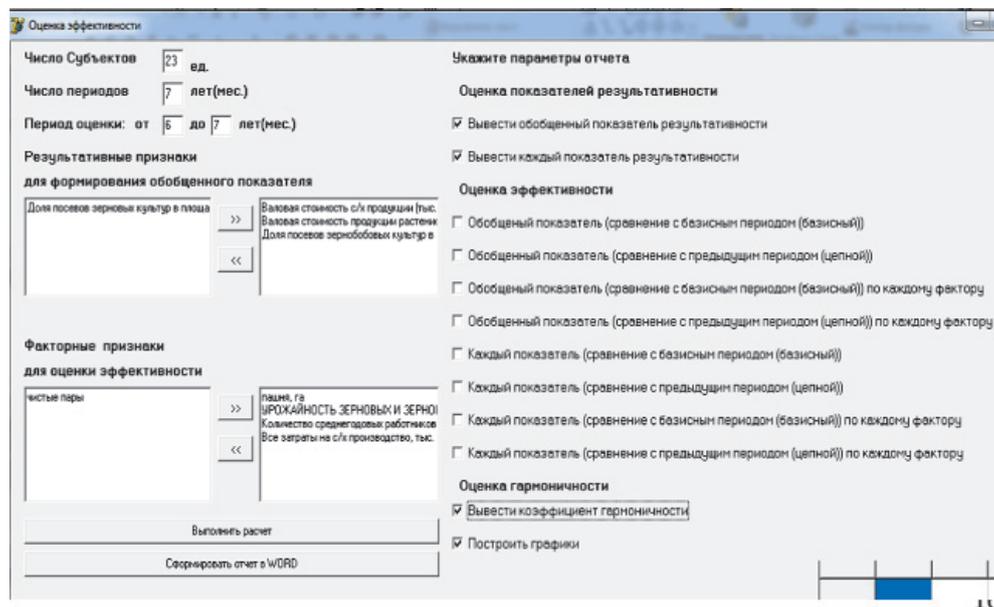


Рис. 3. Блок оценки эффективности

На рисунках представлен интерфейс программного комплекса, реализованный на языке Delphi, а также часть сформированного отчета в Word на примере оценки эффективности мероприятий по

развитию сельского хозяйства в Тульской области в разрезе муниципальных образований.

Также концептуально разработан блок принятия решения и формирования отчета.

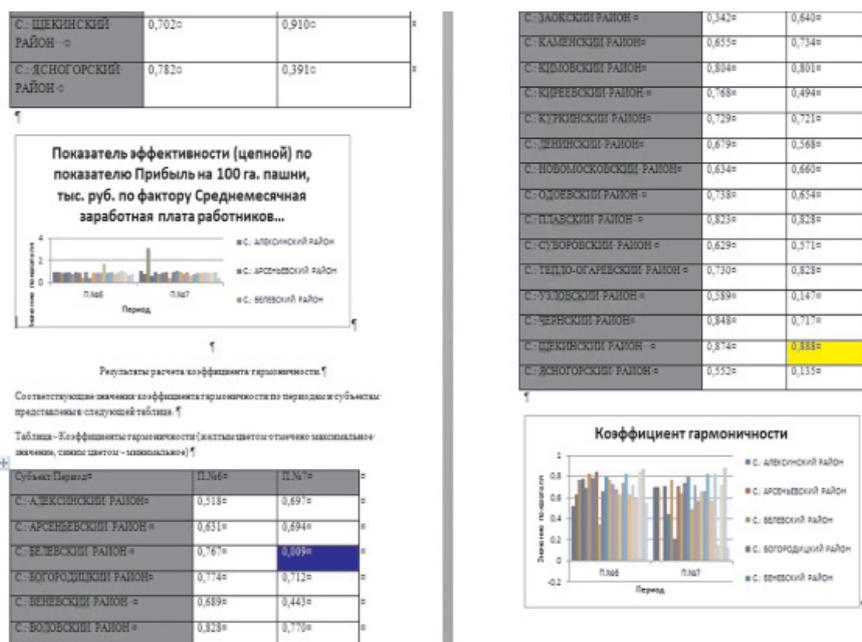


Рис. 4. Блок вывода результатов оценки эффективности (часть отчета; при такой реализации сформированный отчет занимает порядка 150 страниц)

Внедрение такого продукта, обладающего интуитивным интерфейсом, удобным для пользователя позволит оптимизировать деятельность органов государственной власти в части управления социо-эколого-экономическими системами.

Список литературы

1. Жуков Р.А. Применение фундаментального подхода к управлению социально-экономическим развитием территорий // Научное обозрение. – 2014. – № 4. – С. 272–274.
2. Жуков Р.А. Проблемы оценки результативности использования земель сельскохозяйственного назначения // Экономика сельского хозяйства России. – 2014. – № 3. – С. 42–47.
3. Жуков Р.А. Применение инновационного подхода к прогнозированию показателей социально-экономического развития в МО Узловский район Тульской области // Вестник Тульского филиала Финуниверситета. – 2014. – № 1. – С. 146–148.
4. Журавлев С.Д., Жуков Р.А. Методика анализа эффективности государственного управления (на примере регионов РФ) // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. – 2012. – № 28. – С. 349–357.
5. Ковалев В.М., Журавлев С.Д., Жуков Р.А. Экономическое обоснование эффективности использования земельных ресурсов сельскохозяйственного назначения в Тульской области // Среднерусский вестник общественных наук. – 2009. – № 4. – С. 173–177.

References

1. Zhukov R.A. Primenenie fundamentalnogo podhoda k upravleniju socialno-jekonomicheskim razvitiem territorij // Scientific Review, 2014, no. 4, pp. 272–274.
2. Zhukov R.A. Problemy ocenki rezultativnosti ispolzovanija zemel selskohozjajstvennogo naznachenija // Agricultural Economics of Russia, 2014, no. 3, pp. 42–47.
3. Zhukov R.A. Primenenie innovacionnogo podhoda k prognozirovaniju pokazatelej socialno-jekonomicheskogo razvitiya v MO Uzlovskij rajon Tulskoj oblasti // Vestnik Tulsogo filiala Finunivertsiteta, 2014, no1, pp. 146–148.
4. Zhuravlev S.D., Zhukov R.A. Metodika analiza jeffektivnosti gosudarstvennogo upravlenija (na primere regionov RF) // Izvestija Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.G. Belinskogo, 2012, no28, pp. 349–357.
5. Kovalev V.M., Zhuravlev S.D., Zhukov R.A. Jekonomicheskoe obosnovanie jeffektivnosti ispolzovanija zemelnyh resurov selskohozjajstvennogo naznachenija v Tulskoj oblasti // Srednerusskij vestnik obshhestvennyh nauk, 2009, no4, pp. 173–177.

Рецензенты:

Поляков В.А., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой «Экономика, менеджмент и маркетинг», Тульский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Тула;
 Бабанов В.Н., д.э.н., профессор кафедры «Менеджмент», Тульский университет (ТИЭИ), г. Тула.

УДК 330.43

ПРОБЛЕМЫ РАНЖИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Исаев И.В., Рогачев А.Ф.

*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,
Волгоград, e-mail: isav7779@gmail.com*

Статья посвящена исследованию особенностей проектирования пользовательского интерфейса при разработке системы поддержки принятия решений в области эколого-экономического менеджмента. На процесс проектирования пользовательского интерфейса большое влияние оказывают субъективные представления проектировщика о функциональности, понятности, эргономичности и дизайне, поэтому особую важность имеет проблема оценки степени достижения этих показателей пользовательского интерфейса. Методом групповых экспертных оценок определены двадцать качественных и количественных факторов, характеризующих интерфейс разрабатываемого программного обеспечения (ПО). По результатам проведения трех туров анкетирования экспертов сформирована сводная таблица, отражающая обобщенные мнения экспертов. С помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена рассчитаны коэффициенты, отражающие уровень связи между мнениями экспертов. В результате расчетов построен граф согласованности мнения экспертов, рассмотрен метод учета несогласования мнений экспертов путем учета расстояний Кемени. По результатам расчетов сформирован граф несогласования мнений экспертов. На основании полученных результатов составлен ранжированный перечень основных факторов пользовательского интерфейса. Данный перечень определяет наиболее важные аспекты, на которые следует обратить особое внимание при разработке интерфейса системы поддержки принятия решений в области эколого-экономического менеджмента.

Ключевые слова: пользовательский интерфейс, система поддержки принятия решений, эколого-экономический менеджмент, метод учета согласованности мнений экспертов, метод корректировки мнений экспертов, характеристики пользовательского интерфейса

RANKING PROBLEMS OF FUNCTIONAL SPECIFICATIONS INTERFACE DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE SPHERE OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC MANAGEMENT

Isaev I.V., Rogachev A.F.

Volgograd state agrarian university, Volgograd, e-mail: volgau@volgau.com

The article investigates the characteristics of UI design in the development of decision support systems in the field of ecological and economic management. In the process of designing the user interface greatly influenced by subjective perceptions designer of functionality, clarity, ergonomics and design, therefore, of particular importance is the problem of assessing the extent to which these indicators user interface. Using the method of expert estimates, twenty-defined qualitative and quantitative factors that characterize the interface developed software (software). According to the results of the three rounds of questioning of experts formed a summary table showing the synthesis of the views of experts. By using the Spearman rank correlation coefficient, calculated ratios, reflecting the level of communication between the experts' opinions. The calculations built by Count consistency opinions of experts, reviewed the method of accounting mismatch expert opinion, by taking into account distance Kemeny. The calculations generate the graph mismatch expert opinions. Based on these results ranked list composed of the user interface main factors. This list identifies the most important aspects that require special attention in the development of interface systems to support decision-making in the field of ecological and economic management.

Keywords: user interface, decision support system, ecological and economic management, the method of accounting consistency of expert opinion, expert opinion method of adjusting the characteristics of the user interface

В процессе проектирования программного обеспечения (ПО) встает вопрос о проектировании качественного пользовательского интерфейса. Пользовательский интерфейс (ПИ) напрямую зависит от решаемых программным обеспечением задач, входных и выходных данных, однако при этом существует значительная свобода в том, в каком виде все эти данные будут представлены пользователю. От того, насколько ПИ будет функционален, понятен и удобен конечному пользователю, во многом зависит продолжительность и успеш-

ность решения задачи, поставленной при проектировании ПО.

На процесс проектирования ПИ наибольшее влияние оказывают субъективные представления проектировщика о функциональности, понятности, удобстве и красоте. Проводя такие оценки на ранних этапах процесса проектирования, можно избежать большого числа ошибок, просчетов, неприятия ПО конечными пользователями.

Изучением проблем создания систем поддержки принятия решений (СППР) в области эколого-экономического менеджмента,

включая особенности разработки пользовательского интерфейса, занимаются П.В. Терелянский, Л.Ю. Богачкова, И.А. Наталуха, А.Ю. Руденко, Т. Саати, Т.В. Плещенко, А.Г. Гагарин, В.А. Иванюк, Г.Н. Хубаев, Я.В. Федорова и др.

От качества интерфейса разрабатываемого ПО зависят такие показатели, как производительность работы сотрудника, его скорость, затраты на эксплуатацию системы, наглядность результативного материала, качество принимаемых управленческих решений и др. Одним из функциональных факторов интерфейса, позволяющих повысить скорость работы, сократить затраты на эксплуатацию и увеличить производительность работы персонала, является использование технологий виртуализации. Указанный эффект достигается благодаря обеспечению мобильного доступа к данным и скорости их обработки.

В соответствии с исследованиями Д. Нормана, процесс взаимодействия пользователя с программным продуктом через его интерфейс включает такие этапы, как постановка цели, определение порядка взаимодействия ПО и пользователя, формирование последовательности действий, реализация взаимодействия, характеристика восприятия работы системы, интерпретация процесса действий, оценка результата [8].

Качество интерфейса можно оценить по количественным и качественным критериям. Для определения наиболее важных показателей при работе с интерфейсом СППР применительно к сфере эколого-экономической безопасности был использован метод групповых экспертных оценок. В результате проведенного анализа отобраны следующие факторы, требующие ранжирования:

– функциональные (1. Функциональная полнота. 2. Быстродействие. 4. Использование облачного и виртуального пространства для хранения данных);

– эргономические (3. Простота настройки на предметную среду. 5. Интерактивный выбор меню. 7. Трудоемкость освоения. 8. Эргономичность. 9. Возможность перенастройки на новые условия применения. 10. Применение цветовой палитры. 11. Динамические визуальные сигналы. 12. Оптимальность расположения элементов управления. 13. Интерактивная подсказка на экране. 14. Указание актуальных клавиш и их назначение. 15. Эргономичный графический дизайн. 16. Возможность в любой момент отказаться от выбранных вариантов. 17. Возврат в предыдущий пункт диалога. 18. Удобная навигация действий. 20. Эмоциональное удовлетворение пользователя от взаимодействия с системой);

– факторы сопровождения (6. Качество поддержки. 19. Контроль вероятных ошибок).

В качестве экспертов выступили аналитики, программисты, пользователи и сетевые администраторы, опыт работы которых от трех и более лет в данной области. Для проведения экспертной оценки был применен метод Дельфи. Вышеперечисленные факторы интерфейса ранжировались в соответствии с их значимостью в рамках области эколого-экономического менеджмента. Полученные результаты отражены в виде матрицы, которая модифицировалась в каноническую форму с различными пороговыми значениями. По результатным матрицам выстраивались графы согласованности мнений экспертов. Анализ сводной анкеты выполнялся по методам учета согласования и рас- согласования мнений группы экспертов.

Степень согласования мнений экспертов определялась с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена [4]:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum t_j^2}{n^3 - n}, \quad (1)$$

где t_j – разность между рангами факторов; n – число факторов.

С первого тура опроса уже наблюдалась достаточно высокая согласованность во мнениях экспертов. Типичная сводная анкета после третьего тура приведена в табл. 1. Рассчитанные коэффициенты агрегируют в результатную матрицу. Матрица коэффициентов ранговой корреляции ρ_{ij} отражает тесноту связи между i и j экспертами.

Такая матрица является квадратной, размерности, равной количеству экспертов, она имеет симметрию относительно диагонали, состоящей из единиц, поскольку степень согласованности эксперта с самим собой всегда максимальна.

Матрица (ρ) преобразуется в матрицу (ρ^0) по следующему принципу:

$$\rho^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } \rho \geq \varepsilon_p; \\ 0, & \text{если } \rho < \varepsilon_p, \end{cases} \quad (2)$$

где ε_p – пороговое значение для матрицы коэффициентов ранговой корреляции. Пороговое значение определено как $\varepsilon_p = 0,98$ [4].

Значения матрицы (ρ^0) представлены в табл. 2.

Согласно данным матрицы (ρ^0) строится граф согласованности мнений экспертов, на основе которого делается вывод о степени их согласованности.

Исходя из графика, можно сделать вывод, что согласованная группа экспертов – <А-Ж-И-К>.

Таблица 1

Сводная анкета мнений группы после третьего тура

Эксперты Показатели	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Сумма
1	20	18	18	17	19	17	20	18	18	20	185
2	19	20	20	20	20	19	19	17	20	19	193
3	15	14	17	18	18	18	15	15	15	15	160
4	16	15	19	15	17	16	17	16	16	18	165
5	8	6	8	4	5	8	8	7	7	8	69
6	17	17	16	19	16	15	16	19	19	16	170
7	13	12	12	14	14	13	13	14	14	12	131
8	18	19	15	16	15	20	18	20	17	17	175
9	2	1	1	5	2	1	1	2	1	2	18
10	3	5	4	2	4	3	2	4	3	4	34
11	11	10	13	12	11	11	14	13	12	13	120
12	14	16	14	13	13	14	12	12	13	14	135
13	9	11	11	10	12	10	10	11	10	10	104
14	1	2	2	3	1	2	3	1	2	1	18
15	7	8	7	9	10	7	7	9	8	7	79
16	10	9	9	8	7	9	9	8	9	9	87
17	6	7	6	7	8	6	6	5	5	6	62
18	12	13	10	11	9	12	11	10	11	11	110
19	5	3	3	1	3	4	5	6	6	5	41
20	4	4	5	6	6	5	4	3	4	3	44

Таблица 2

Значения преобразованной матрицы

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
А	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
Б	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
В	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
Г	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Д	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Е	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Ж	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1
З	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
И	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
К	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1

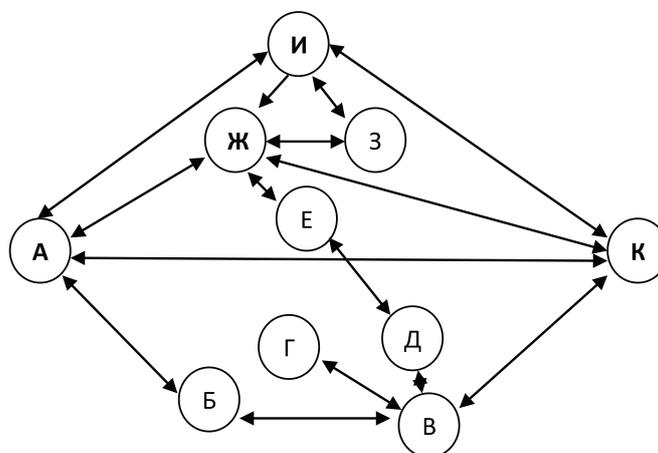


Рис. 1. Граф G1 согласований мнений экспертов

Для метода рассогласования каждое ранжирование было представлено в виде матрицы упорядочения в канонической форме. Расстояния Кемени между всеми ранжированиями рассчитывались по формуле

$$d_{A,B} = 0,5 \cdot \sum \sum |A_{ij} - B_{ij}|, \quad (3)$$

где A_{ij}, B_{ji} – матрицы упорядочения в канонической форме для экспертов A и B соответственно, которые получаются по следующему принципу:

$$A_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i \text{ предпочтительнее } j; \\ -1, & \text{если } j \text{ предпочтительнее } i; \\ 0, & \text{если } i = j. \end{cases} \quad (4)$$

Матрица рассогласования является квадратной, размерности, равной количеству экспертов, она симметрична относительно диагонали, состоящей из нулей, поскольку степень рассогласованности эксперта с самим собой всегда минимальна. Сумма элементов по каждой строке матрицы – величина рассогласования соответствующего эксперта со всеми остальными. Сумма величин рассогласования всех экспертов – общая величина рассогласования. Ее стабилизация сигнализирует о возможности завершения многотуровой экспертизы.

Матрица (d) преобразуется в матрицу (d^0) по следующему принципу:

$$d^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } d \leq \varepsilon_d; \\ 0, & \text{если } d > \varepsilon_d, \end{cases} \quad (5)$$

где ε_d – пороговое значение для матрицы рассогласования. Пороговое значение определено как $\varepsilon_d = 40$ [4].

По уже полученным матрицам был построен граф рассогласований мнений экспертов, приведенный на рис. 2.

Из графа Г2 видно, что ответы большинства экспертов образуют однородную группу.

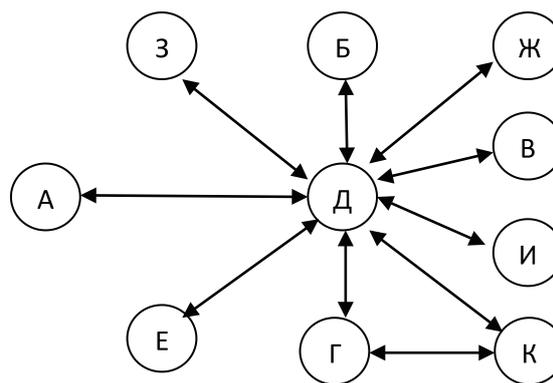


Рис. 2. Граф Г2 рассогласований мнений экспертов

В результате экспертного опроса был получен ранжированный перечень основных показателей качества универсального интерфейса в сфере обеспечения эколого-экономической безопасности.

1. Функциональная полнота.
2. Быстродействие.
3. Эргономичность.
4. Качество поддержки.
5. Использование облачного и виртуального пространства для хранения данных.
6. Простота настройки на предметную среду.
7. Оптимальность расположения элементов управления.
8. Трудоемкость освоения.
9. Динамические визуальные сигналы.
10. Удобная навигация действий.
11. Интерактивная подсказка на экране.
12. Возможность в любой момент отказаться от выбранных вариантов.
13. Интерактивный выбор меню.
14. Эргономичный графический дизайн.
15. Возврат в предыдущий пункт диалога.
16. Контроль вероятных ошибок.
17. Эмоциональное удовлетворение пользователя от взаимодействия с системой.
18. Применение цветовой палитры.

Таблица 3

Состав матрицы (d^0)

Эксперты	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
А	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Б	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
В	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
Г	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
Д	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Е	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Ж	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
З	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
И	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
К	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0

19. Возможность перенастройки на новые условия применения.

20. Указание актуальных клавиш и их назначение.

Таким образом, реализация метода экспертной оценки позволила произвести отбор наиболее важных функций интерфейса ПО. Поскольку в качестве экспертов были привлечены специалисты, деятельность которых напрямую связана с практическими навыками в области обеспечения эколого-экономической безопасности, это обеспечивает высокое качество полученных результатов. Проведены три тура опросов, по результатам которых выполнены расчеты и анализ показателей интерфейса ПО. Благодаря исследованию сформирован перечень наиболее важных количественных и качественных факторов, которым требуется уделить особое внимание при разработке пользовательского интерфейса системы поддержки принятия решений в области эколого-экономической безопасности. Такими факторами являются: функциональная полнота, быстрдействие, эргономичность, качество поддержки, использование облачного и виртуального пространства для хранения данных. В то же время показано, что группа показателей, оказавшихся на 16–20 местах результативного перечня, не являются существенно важными при разработке СППР в области эколого-экономического менеджмента.

Ранжирование показателей интерфейса позволило более обоснованно подойти к вопросу проектирования интерфейса СППР. Система поддержки принятия решений, разработанная с учетом указанных результатов исследования, позволит добиться повышения уровня эколого-экономического менеджмента в организациях, касающихся проблемы обеспечения эколого-экономической безопасности.

Список литературы

1. Кравченко Т.К. Системы поддержки принятия решений // Информационные технологии для современного университета / под общ. ред.: А.Н. Тихонов, А.Д. Иванников. – М.: ГНИИ ИТТ «Информика», 2011. – С. 107–118.
2. Лебедев В.Г. Принципы построения интеллектуально-пользователя для систем поддержки принятия решений операторам // Проблемы управления. – 2004. – № 3.
3. Мартынов В.В., Кузнецов А.М. Улучшение эргономических показателей пользовательских интерфейсов веб-приложений // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – Вып. № 1. – Т. 7. – 2006.
4. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: учебник: в 3 ч. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2009.
5. Плещенко, Т.В. Разработка системы поддержки принятия решений для обоснования параметров эколого-экономических систем / А.Ф. Рогачев, Н.Н. Скитер, Т.В. Плещенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 2 (26). – С. 238–242.
6. Рогачев А.Ф. Информационные аспекты процессного подхода к обеспечению безопасности эколого-экономических систем / А.Ф. Рогачев, Н.Н. Скитер, И.В. Исаев // Известия Ниж-

неволжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 4 (32). – С. 271–275.

7. Терелянский П.В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования: монография; ВолгоГТУ. – Волгоград, 2009. – 127 с.

8. Norman D.A. Design of Everyday Things / Donald A. Norman. New York: Currency-Dou-Bleday, 1988.

9. Power D.J. Web-based and model-driven decision support systems: concepts and issues. // Americas Conference on Information Systems, Long Beach, California, 2000.

10. Skiter N. Modeling Ecological Security of a State / Skiter N., Rogachev A. Mazaeva T. // Mediterian of Social Science. – June 2015. – Vol. 6, № 3. – S. 6. P. 192–195.

References

1. Kravchenko T.K. Sistemy podderzhki prinyatiya reshenij [Decision support systems] v kn.: Informacionnye tekhnologii dlya sovremennogo universiteta, pod obshch. red.: A.N. Tihonov, A.D. Ivannikov. M.: GNII ITT «Informika», 2011. pp. 107–118.
2. Lebedev V.G. Principy postroeniya intellektualnogo interfejsa polzovatelya dli sistem podderzhki prinyatiya reshenij operatoram [The principles of intelligent user interface for systems of decision support to operators]. Problemy upravleniya. 2004. no. 3.
3. Martynov V.V., Kuznecov A.M. Uluchshenie ehrgonomicheskikh pokazatelej polzovatel'skikh interfejsov veb-prilozhenij [Improved ergonomics of user interfaces of web applications]. Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviacionnogo tekhnicheskogo universiteta. Vyp. no. 1. Tom 7. 2006.
4. Orlov A.I. Organizacionno-ehkonomicheskoe modelirovanie [Organizational-economic modeling]: uchebnik: v 3 ch. A.I. Orlov. M.: Izd-vo MGTU im. N.EH. Baumana. 2009.
5. Pleshchenko, T.V. Razrabotka sistemy podderzhki prinyatiya reshenij dlya obosnovaniya parametrov ehkologo-ehkonomicheskikh sistem [The development of decision support systems to support the parameters of ecological and economic systems]. A.F. Rogachev, N.N. Skiter, T.V. Pleshchenko. Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. 2012. no. 2 (26). pp. 238–242.
6. Rogachev A.F. Informacionnye aspekty processnogo podhoda k obespecheniyu bezopasnosti ehkologo-ehkonomicheskikh sistem [Information aspects of the process approach to ensure the safety of ecological and economic systems]. A.F. Rogachev, N.N. Skiter, I.V. Isaev. Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. 2013. no. 4 (32). pp. 271–275.
7. Terelyanskiy P.V. Sistemy podderzhki prinyatiya reshenij. Opyt proektirovaniya [Decision support systems. Experience design]: monografiya. Terelyanskiy P.V.; VolgGTU. Volgograd, 2009. 127 p.
8. Norman D.A. Design of Everyday Things. Donald A. Norman. New York: Currency-Dou-Bleday, 1988.
9. Power D.J. Web-based and model-driven decision support systems: concepts and issues. Americas Conference on Information Systems, Long Beach, California, 2000.
10. Skiter N. Modeling Ecological Security of a State. Skiter N., Rogachev A. Mazaeva T., Mediterian of Social Science. Vol. 6 no. 3 S. 6 June 2015. pp. 192–195.

Рецензенты:

Сидунова Г.И., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой «Экономика и менеджмент», ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный социально-педагогический университет», г. Волгоград;

Терелянский П.В., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой «Информационные системы в экономике», ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград.

УДК 33.336

**ИНДУСТРИЯ ВЕНЧУРНОГО КАПИТАЛА В РОССИИ:
ФОРМИРОВАНИЕ ВЕНЧУРНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ****Каурова Е.Э., Толстель М.С.***ФГАОУ ВПО «Волгоградский государственный университет», Волгоград, e-mail: volga.15@mail.ru*

В статье выделены основные этапы эволюции венчурной экосистемы. Авторами обоснована необходимость формирования качественно организованной структуры и инфраструктуры экосистемы венчурного капитала в России, которая стимулирует экспоненциальный экономический рост. Как показал анализ, секторы венчурного капитала и бизнес-ангелов России недостаточно развиты по сравнению с экономикой крупных стран Западной Европы. Несмотря на то, что Россия долгое время рассматривалась как трудное место для ведения бизнеса, в настоящее время инвесторы показывают доверие на российском венчурном рынке. Российская Федерация рассматривается как страна, имеющая высокий инновационный потенциал. Инвестирование венчурного капитала действует как механизм координации и способствует становлению нового бизнеса. В настоящее время снижение инвестиционной активности в регионе является результатом различных политических и экономических проблем, в том числе международных санкций. Отсутствие полноценной законодательной базы, необходимой информации и образования, недостаток российского капитала в венчурной экосистеме России, несвоевременное функционирование контролирующих органов, недостаточная прозрачность внутреннего рынка с затруднениями платежеспособного спроса негативно отражаются на развитии венчурной индустрии. Среди направлений совершенствования развития российской венчурной индустрии и экосистемы авторами выделены следующие направления: интеграция индустриального сектора на международном рынке инвестиций, масштабирование корпоративных венчурных фондов, стабилизация отраслевых дисбалансов, улучшение экономической компетенции, динамичный рост малых и средних предприятий.

Ключевые слова: экосистема, инфраструктура финансовой поддержки, бизнес-инкубатор, бизнес-ангел, эффективность бизнеса, стартап, венчурное финансирование, инвестиционные ресурсы

**VENTURE CAPITAL INDUSTRY IN RUSSIA:
CONFORMATION OF THE VENTURE ECOSYSTEM****Kaurova E.E., Tolstel M.S.***Volgograd State University, Volgograd, e-mail: volga.15@mail.ru*

The article defines the main stages of the venture ecosystem evolution. The authors justify the necessity of formation of the qualitatively organized structure and infrastructure of the venture capital ecosystem, which stimulates exponential growth. As the analysis has shown, the sectors of venture capital and business angels of Russia are underdeveloped compared to the economy of major countries of Western Europe. Despite the fact that Russia, when it was seen as a difficult place to do business, nowadays investors show confidence on the Russian venture market. The Russian Federation is considered as a country with high innovation potential. Investing venture capital acts as a coordination mechanism and contributes to the formation of a new business. Currently reduced investment activity in the region is the result of various political and economic issues, including international sanctions. The lack of adequate legislative base, the necessary information and education, lack of Russian capital in the venture ecosystem in Russia, untimely operation of the Supervisory authorities, sufficient transparency of the internal market with the constraints of effective demand has a negative impact on the development of the venture industry. Among the areas of improvement of the development of Russian venture industry and ecosystems the authors highlighted the following areas: integration of the industrial sector in the international market investment, the scale of corporate venture funds, stabilization of sectoral imbalances, the improvement of economic competence, the dynamic growth of small and medium enterprises.

Keywords: ecosystem, infrastructure of financial support, business incubator, angel investor, effectiveness of business, start-up, venture capital financing, investment resources

Современная концепция экономики характеризуется преобладанием идей маржинализма и теорий неоклассицизма. В условиях растущей глобализации видоизменились представления о ведении бизнеса. Международная тенденция к использованию биологических понятий способствовала моделированию термина «экосистема». Применяя трансдисциплинарное поле, ведущие экономисты Западной Европы рассматривают понятие «экосистемы» в различных институциональных областях и компонентах инновационной экономики.

Важной особенностью процветания данной отрасли является обеспечение необходимыми финансовыми ресурсами на всех этапах развития. Среди множества результативных механизмов, способствующих генезису инноваций, выделяют венчурное инвестирование. Безошибочно организованная структура и инфраструктура экосистемы венчурного капитала стимулирует экспоненциальный экономический рост.

Таким образом, в современных условиях весьма актуальной задачей представляется изучение текущей динамики венчурной

индустрии в Российской Федерации, выявление основополагающих задач для эффективного формирования российской венчурной экосистемы, синхронизация проблем становления и развития, обобщение направлений усовершенствования инвестирования.

На сегодняшний день механизм многоуровневой системы венчурного финансирования, формируемый с начала 1990-х годов аккумулирует в себе деятельность высококвалифицированных экономических акторов: государства, бизнес-ангелов, бизнес-инкубаторов, инвестиционных фондов и технопарков, акселераторов, корпоративных инвестиций. На ранних этапах бизнес-ангел предоставляет интеллектуальную поддержку для стабильного и ускоренного становления предприятия, в отличие от более поздних стадий предпринимательства, когда преобладающим намерением бизнес-инвестора является масштабирование уже функционирующего проекта. Бизнес-ангела от институционального инвестора отличает возможность финансирования не только проектов, но идей без посредников и за счет собственного капитала. Особая аксиома российских институтов развития заключается в образовании фундамента инновационной экономики с участием государственно-частного партнерства. Ускоренный рост эволюции этого сегмента возможен с помощью применения основополагающей способности государства выступать гарантом для инвесторов, тем самым поддерживая внутренние инвестиции.

В продвижении инноваций в России важную роль играют бизнес-инкубаторы и акселераторы, благодаря их усилиям предприниматели имеют шанс реализовать идеи в устойчивые и прибыльные предприятия. При выборе бизнес-инкубатора или акселератора предпринимчивым бизнесменам следует учитывать пять важных критериев:

- ✓ на начальной стадии венчурной разработки идеи подразумевается достаточно большое количество потребностей, по сравнению с предприятиями, имеющими готовый продукт и начальные продажи;

- ✓ целесообразно установление взаимосвязи между краткосрочными, долгосрочными нуждами предпринимателя и сектором реализации стратегии инкубатора;

- ✓ применение политики выбора и выхода на рынок;

- ✓ масштабы предоставляемых услуг;

- ✓ наличие связей, партнеров (разнообразии экспертных знаний для поддержки и развития предприятия).

В 2013 году исследование Dow Jones VentureSource зафиксировало инвестиционный венчурный подъем России, на основании отчета 2012 года, вследствие чего страна находилась на 4 месте в Европе по совокупному объему финансовых вложений в инновации. В 2015 году Российский фонд прямых инвестиций (РФПИ) и суверенный фонд Саудовской Аравии Public Investment Fund (PIF) подписали соглашение, в рамках которого PIF инвестирует в российские проекты десять миллиардов долларов. Апрель 2015 года ознаменовался подписанием соглашения о создании русско-китайского бизнес-инкубатора и венчурного фонда, который будет расположен в Сколково. Кроме того, планируется инвестировать с помощью этого фонда компаниям-резидентам 200 млн долларов. Фонд «Сколково» в июне 2015 года заключил соглашение о партнерстве с акселератором Сингапура NaXAsia. Разработана совместная программа для ускорения проектов мегаполисов, массового производства и способа совершенствовать их до краудфандинговых площадок IndieGoGo и Kickstarter. Следовательно, внешняя политика сдерживания не помешала государству РФ сохранить и увеличить инвестиционную привлекательность страны для зарубежных инвесторов.

Одним из наиболее действенных факторов и направлений глобализации является рыночная инфраструктура, которая развивается в соответствии с процессами, характерными для экономической системы рыночного типа. В современной экономической теории рыночную инфраструктуру определяют как один из основных факторов формирования рыночного хозяйства.

Таблица 1

Отличительные черты инкубатора и акселератора

Бизнес-инкубатор	Акселератор
Начальная стадия предприятия	Функционирующие предприятия с высоким темпом роста
Сосредоточен на экономическом развитии	Ориентированность на рост и рентабельность инвестиций
Деятельность не для получения прибыли	Нацеленность на доход

Источники: составлено авторами [4, 5, 6, 7].

В свою очередь, рыночный тип экономической системы стал доминирующим, если не сказать всеобщим, в мировом масштабе. Таким образом, рыночная инфраструктура одновременно является фактором и формирования рыночного хозяйства, и развития глобализации, а также результатом их функционирования [1]. Первостепенная задача феномена экосистемы венчурного капитала в России базируется на создании инфраструктуры, сопоставимой с условиями на Западе. Учитывая важность образовательной деятельности, необходимо налаживание сервисов обучения для инвесторов и предпринимателей. Качественные результаты развития позволят укрепить масштабы привлечения международного капитала на российский венчурный рынок.

с универсальной системой финансовых институтов и инструментов, взаимодействия рынков денег, капитала, инвестиций, ценных бумаг [1]. Сектор предпринимательства Российской Федерации содержит взаимосвязь европейских и азиатских практик, которые имеют большую склонность к риску, нежели традиционные подходы других стран. Преобразования в области инвестиций, происходящие в России, создают неопределенность и отсутствие доверия на венчурном рынке, затрудняющее максимально возможное финансирование со стороны зарубежных инвесторов. Недостаток информативности стандартов корпоративного управления заключается:

✓ нехватке управленческого опыта у основателей;

Таблица 2

Венчурные компании и фонды,
преимущественно инвестирующие в российские предприятия

№ п/п	Фонд	Реализуемые проекты
1	Венчурный фонд АВРТ	Составил более 10 стартовых инвестиций в Интернет и программное обеспечение предприятий России. Veeam Software для управления виртуальной инфраструктурой, защиты данных
2	Фонды Бэринг Восток (BVCP)	Группа компаний специализирующихся на прямых инвестициях. Вложения в предприятия России составили более 1,5 млрд долларов. Одни из первых сторонников Яндекс и Ozon.ru. Ведущий поставщик программного обеспечения компании IC в России
3	Mangrove Capital Partners	Осуществляют не только инвестиции венчурного капитала, но и поддерживают проекты развития на развивающихся рынках через Mangrove фонд. Инвесторы Skype, Wix, Brands4Friends и Nimbuzz. В настоящее время их предприятия оцениваются свыше 100 млн долларов, включая KupiVIP из России, Wix и Walkme из Израиля, Metrocab и OpenX из Великобритании. С 2006 года Mangrove Capital стремится быть первым институциональным инвестором в России
4	Intel Capital	Поддержка применения личного помощника Speaktoit и AlterGeo. В электронной коммерции, Intel Capital инвестировал в KupiVIP и Sapato (позже объединены в Ozon.ru).
5	Insight Venture Partners	Недавно приобрел пакет акций провайдера финансовых услуг Группы ММВБ. Запущенный OpenView Venture Partners произвел инвестиции в предприятия России
6	e.ventures	Инвестируют в бизнес электронной коммерции. В России функционируют с 2009 года
7	Runa Capital	Финансирует интернет и программное обеспечение.
8	Ru-net	Является одним из старейших венчурных инвесторов на российском рынке интернет-компаний
9	S-Group Ventures	Ведущий поставщик программ электронного обучения.
10	VTB Capital Venture Capital	Инвестирует в AiHit, Mobi.Money, также российские навигационные технологии (Autotracker), которая завершила первый в России венчурный IPO

И с т о ч н и к : составлено авторами [4, 5, 6, 7].

Наиболее ярко воздействие международной инфраструктуры на российскую экономику проявилось в кредитно-финансовой сфере, поскольку активно осуществляется интеграция национальных финансовых систем в единый планетарный механизм

✓ конкуренции со стороны крупнейших компаний;

✓ зависимости от сторонних сервисов.

В силу объективных и субъективных причин на практике доля иностранных инвестиций в российскую экономику до сих

пор остается несущественной и еще более скромной в реальном секторе [1]. Варьируя интересы инвесторов финансовые институты способны контролировать предложение капитала на внутреннем рынке, однако данный механизм системы не всегда гибок и прозрачен. Неэффективность интеграции и взаимодействия существующих элементов экосистемы венчурного капитала отрицательно влияет на формирование синергетического эффекта экономики.

Отсутствие полноценной законодательной базы, необходимой информации и образования, недостаток российского капитала в венчурной экосистеме России, несвоевременное функционирование контролирующих органов, недостаточная прозрачность внутреннего рынка с затруднениями платежеспособного спроса негативно отражаются на развитии венчурной индустрии.

Среди направлений совершенствования развития российской венчурной индустрии и экосистемы – интеграция индустриального сектора на международном рынке инвестиций, масштабирование корпоративных венчурных фондов, стабилизация отраслевых дисбалансов, улучшение экономической компетенции, динамичный рост малых и средних предприятий.

Очевидно, что международная инфраструктура имеет самые разнообразные виды, соответствующие рыночной инфраструктуре национальной экономики, которые с учетом глобализации приобретают новые специфические формы и функции, оказывая в свою очередь огромное воздействие на экономику отдельных государств [1].

В условиях непрогнозируемой экономической ситуации, общей макроэкономической нестабильности российский рынок венчурного капитала ожидает дальнейшее снижение динамики инвестиций. Однако в среднесрочной перспективе возможно возрождение прежних темпов развития данного сектора. Компания RusBase прогнозирует развитие рынка на 30–50% в ближайшие несколько лет. Экосистема стабилизируется, если финансирование будет распространяться не только на прототипы международных компаний, но и на бизнес-проекты, не имеющие аналогов. Любая страна может увеличить свой бизнес-потенциал с помощью создания надежной основы для привлечения венчурного капитала.

Список литературы

1. Русскова Е.Г. Международная инфраструктура как фактор трансформации национальной экономики в условиях глобализации / Е.Г. Русскова // Финансы и кредит. – 2005. – № 11. – С. 86–91.
2. Русскова Е.Г. Проблемы и приоритеты инновационного развития экономики России / Е.Г. Русскова, Е.А. Захарченко // Власть. – 2013. – № 5. – С. 4–7.
3. Русскова Е.Г. Структурная организация инновационной системы российской экономики / Е.Г. Русскова, Е.А. Захарченко // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2012. – № 4. – С. 87–92.
4. GEM Global Entrepreneurship Monitor URL: <http://www.gemconsortium.org/country-profiles/> (дата обращения: 02.09.2015).
5. MoneyTreeTM Venture Capital Market Navigator. Overview of Russian venture capital deals in 2013 URL: https://www.pwcmoneytree.com/Reports/FullArchive/Russia_2013-4.pdf (дата обращения: 03.09.2015).
6. The StartUp Ecosystem Report 2015 URL: <https://startup-ecosystem.compass.co> (дата обращения: 02.09.2015).
7. Upstate Venture Connect (UVC) URL: <http://www.uvc.org/upstate-venture-ecosystem-awards/> (дата обращения: 03.09.2015).

References

1. Russkova E.G. Mezhdunarodnaya infrastruktura kak faktor transformatsii natsionalnoi ekonomiki v usloviyah globalizatsii / E.G. Russkova // Finance and credit, 2005, no. 11, pp. 86–91.
2. Russkova E.G. Problemy i priority innovatsionnogo razvitiya ekonomiki Rossii / E.G. Russkova, E.A. Zaharchenko // Vlast, 2013, no. 5, pp. 4–7.
3. Russkova E.G. Strukturnaya organizatsiya innovatsionnoy sistemy rossiyskoi ekonomiki / E.G. Russkova, E.A. Zaharchenko // Vestnik of Rostov State University of Economics (RSUE), 2012, no. 4, pp. 87–92.
4. GEM Global Entrepreneurship Monitor URL: <http://www.gemconsortium.org/country-profiles/> (accessed 2 September 2015).
5. MoneyTreeTM Venture Capital Market Navigator. Overview of Russian venture capital deals in 2013 URL: https://www.pwcmoneytree.com/Reports/FullArchive/Russia_2013-4.pdf (accessed 3 September 2015).
6. The StartUp Ecosystem Report 2015 URL: <https://startup-ecosystem.compass.co> (accessed 2 September 2015).
7. Upstate Venture Connect (UVC) URL: <http://www.uvc.org/upstate-venture-ecosystem-awards/> (accessed 3 September 2015).

Рецензенты:

Придачук М.П., д.э.н., доцент, заместитель директора Волгоградского филиала, ФГБОУ ВПО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, г. Волгоград;

Сазонов С.П., д.э.н., профессор, зав. кафедрой экономики и финансов предприятий, ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград.

УДК 336.662

АМОРТИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ (НА МАТЕРИАЛАХ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА)

Крапивин Д.С.

ФГБУН «Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина» Кольского научного центра РАН, Апатиты, e-mail: krapivin_dmitry@mail.ru

Основной деятельностью любого предприятия являются его основные средства и фонды, потому большую актуальность приобретают вопросы, связанные с их своевременным ремонтом, заменой или модернизацией. В статье исследуются вопросы, связанные с амортизацией, способами ее начисления в Российской Федерации, использованием и влиянием накопленных сумм на обновление и модернизацию основных средств. Основной акцент сделан на выявленную проблему создания амортизационного фонда, связанную с отсутствием механизма накопления сумм начисленной амортизации в организациях. Проводится анализ степени изношенности основных средств на примере ведущих предприятий Мурманской области. Даны рекомендации по законодательному закреплению регулирования создания амортизационных фондов как одной из возможностей для предотвращения дальнейшего физического и морального старения основных средств.

Ключевые слова: основные средства, амортизация, способы начисления амортизации, амортизационная премия, амортизационный фонд, степень износа

DEPRECIATION OF FIXED ASSETS: CURRENT STATUS AND POSSIBILITIES FOR IMPROVING (ON MATERIALS OF THE NORTHERN REGION)

Krapivin D.S.

Luzin Institute for Economic Studies of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, e-mail: krapivin_dmitry@mail.ru

The basis of activity of any enterprise are its fixed capital so issues related to their repair, replacement or modernization are of particular importance. The article examines the issues related to the depreciation, its basis in Russian Federation, use and impact of depreciation for the renovation and modernization of fixed capital. The main focus is on the problem that is associated with mechanism of accumulation of depreciation in organizations. Are analyzed the degree of depreciation of capital assets on the example the leading enterprises of the Murmansk region. Made recommendations for legislative consolidation of create and regulation of depreciation funds, which can become one of the possibilities to prevent further physical deterioration and obsolescence of fixed capital.

Keywords: fixed assets, amortization, depreciation methods, bonus depreciation, depreciation fund, accumulated depreciation

Основные средства – это часть имущества, используемая в качестве средств труда при производстве продукции, выполнении работ или оказании услуг либо для управления организацией в течение периода, превышающего 12 месяцев. Основные средства формируют основную составляющую материально-технической базы организаций и играют важную роль в осуществлении ведущих направлений ее деятельности. Эффективное использование основных средств способствует улучшению всех технико-экономических показателей, в том числе увеличению выпуска продукции, снижению себестоимости продукции и увеличению прибыли. При длительном использовании основные средства подвергаются физическому и моральному износу. Одна из проблем современной российской экономики – недостаточная конкурентоспособность продукции связана именно с износом основных производственных фондов. Уровень износа основных средств зависит

от многих факторов: уровня агрессивности среды, в которой они эксплуатируются; первоначального качества основных средств; уровня квалификации обслуживающего персонала и т.п. Для определения степени изношенности основных средств организации начисляют амортизацию, т.е. постепенно переносят стоимость основных средств на производимую продукцию. Сумма начисленной амортизации увеличивает издержки производства.

«Амортизация (от лат. *amortisatio* – погашение) – исчисленный в денежном выражении износ основных средств в процессе их применения, производственного использования. Амортизация есть одновременно средство, способ, процесс перенесения стоимости изношенных средств труда на произведенный с их помощью продукт. Инструментом возмещения износа основных средств являются амортизационные отчисления в виде денег, направляемых на ремонт или строительство, изготовление новых

основных средств. Сумма амортизационных отчислений включается в издержки производства (себестоимость) продукции и тем самым переходит в цену. Производитель обязан производить накопление амортизационных отчислений, откладывая их из выручки за проданную продукцию. Накопленные амортизационные отчисления образуют амортизационный фонд в виде денежных средств, предназначенных для воспроизводства, воссоздания изношенных основных средств. Величина годовых амортизационных отчислений предприятия, организации определяется в виде доли первоначальной стоимости объектов, представляющих основные средства. Нормативное значение этой доли называют нормой амортизации» [8].

В Российской Федерации законодательными и нормативными документами предусмотрены несколько способов начисления амортизации. При этом организациям дано право самостоятельно выбирать способ начисления амортизации, изначально закрепив выбранный способ в локальном документе. Так начисление амортизации по объектам основных средств, принадлежащих организациям, можно производить одним из следующих способов:

- линейный способ;
- способ уменьшаемого остатка;
- способ списания стоимости по сумме чисел лет срока полезного использования;
- способ списания стоимости пропорционально объему продукции (работ) [7].

Основные средства в зависимости от срока полезного использования группируются в десять амортизационных групп. Каждый из способов начисления амортизации избирается отдельно применительно к каждой группе основных средств исходя из специфики их эксплуатации. Выбранный способ начисления амортизации производится в течение всего срока полезного использования объектов, входящих в эту группу.

Срок использования каждого основного средства определяется комиссией, созданной руководителем организации при принятии объекта на учет и введения в эксплуатацию, исходя из:

- ожидаемого срока использования в соответствии с ожидаемой производительностью или мощностью;
- ожидаемого срока износа в процессе эксплуатации;
- норматива использования – по принадлежащим другим организациям при аренде.

При линейном способе сумма амортизации определяется исходя из первоначальной стоимости или текущей (восстановительной) стоимости (в случае проведения пере-

оценки) объекта основных средств и нормы амортизации, исчисленной исходя из срока полезного использования этого объекта.

При применении способа уменьшаемого остатка амортизация за год определяется исходя из остаточной стоимости объекта основных средств на начало отчетного года и нормы амортизации, исчисленной исходя из срока полезного использования этого объекта и коэффициента не выше 3, установленного организацией.

При использовании способа списания стоимости по сумме чисел лет срока полезного использования сумма амортизационных отчислений рассчитывается исходя из первоначальной стоимости или текущей (восстановительной) стоимости объекта основных средств и соотношения, в числителе которого – число лет, остающихся до конца срока полезного использования объекта, а в знаменателе – сумма чисел лет срока полезного использования объекта.

При способе списания стоимости пропорционально объему продукции (работ) начисление амортизационных отчислений производится исходя из натурального показателя объема продукции (работ) в отчетном периоде и соотношения первоначальной стоимости объекта основных средств и предполагаемого объема продукции (работ) за весь срок полезного использования объекта основных средств.

Начисление амортизационных отчислений по объекту основных средств начинается с первого числа месяца, следующего за месяцем принятия этого объекта к бухгалтерскому учёту, и производится до полного погашения стоимости этого объекта либо списания этого объекта с бухгалтерского учёта. Начисление прекращается с первого числа месяца, следующего за месяцем полного погашения стоимости этого объекта либо списания этого объекта с бухгалтерского учёта.

В течение срока полезного использования объекта основного средства начисление амортизационных отчислений не приостанавливается, кроме случаев перехода его по решению руководителя организации на консервацию на срок более трёх месяцев, а также в период восстановления объекта, продолжительность которого превышает 12 месяцев.

Затраты на реконструкцию, модернизацию или дооборудование любого основного средства, в т.ч. недвижимости, увеличивают первоначальную стоимость основного средства и списываются на расходы через амортизацию. При этом часть затрат на модернизацию основного средства можно учесть в издержках одновременно, включив в косвенные расходы в размере 10% первоначальной стоимости основного средства,

применив амортизационную премию (п. 9 ст. 258 НК РФ).

В отношении объектов основных средств, относящихся к третьей – седьмой амортизационным группам, разрешено одновременно учитывать в расходах текущего отчетного периода до 30% их первоначальной стоимости. Размер амортизационной премии организация определяет самостоятельно. Но он не может быть больше максимального, который зависит от амортизационной группы, к которой относится основное средство (п. 9 ст. 258 НК РФ).

Сумма амортизационной премии определяется как произведение первоначальной стоимости основного средства (сумма расходов на модернизацию) и размера премии в процентах, установленной локальным документом организации.

Организация вправе установить в локальном документе, что амортизационная премия применяется выборочно и ее процент зависит от первоначальной стоимости основного средства [4, 6].

Необходимо подчеркнуть, что применение амортизационной премии является правом, а не обязанностью организации.

Нельзя применять амортизационную премию по основному средству:

- не подлежащему амортизации;
- полученному безвозмездно;
- полученному в качестве вклада в уставный капитал [2];
- являющемуся предметом лизинга и учитываемому на балансе лизингополучателя [3];
- исключенному из состава амортизируемого имущества в том же месяце, когда основное средство введено в эксплуатацию (например, в связи с его передачей в безвозмездное пользование или консервацией на срок более трех месяцев). Применить амортизационную премию по такому основному средству можно будет в том месяце, когда организация начнет начислять по нему амортизацию [5].

Сумма начисленной амортизации включается в состав затрат организации и при этом в состав условно-постоянных затрат.

Условно-постоянные затраты – это затраты, не зависящие от изменения объема производства. В цене выпускаемой продукции ежемесячно совместно с другими расходами присутствует и сумма начисленной амортизации основных средств.

Целью начисления амортизации является накопление амортизационных отчислений и формирование амортизационного фонда. На практике в основном этого не происходит, так как не имеется механизма накопления амортизационного фонда. При этом значительная часть основных средств предприятий устарела. Активная часть основных производственных средств изношена, не соответствует современным требованиям по производительности, надежности, способности функционировать в современной информационной среде. Соответственно качество выпускаемой продукции снижается.

Мурманская область, являясь северным регионом, находится в зоне особо суровых климатических условий: вечная мерзлота, продолжительная зима, резкие изменения и большая неустойчивость погоды, связанная с частой сменой воздушных масс и т.п. В этих условиях основные средства быстро изнашиваются, требуется постоянная замена физически изношенных основных средств. Остро встает вопрос направления всей суммы начисленной амортизации организациями Мурманской области на обновление основных средств. Крупнейшими предприятиями Мурманской области являются организации, которые занимаются добычей полезных ископаемых (открытое акционерное общество «Апатит»), их переработкой (Оленегорский и Ковдорский горно-обогатительные комбинаты); производством и распределением электроэнергии, газа и воды (Кольская АЭС, Апатитская ТЭЦ, Мурманская ТЭЦ, Нижнетуломская ГЭС, Верхнетуломская ГЭС, Серебрянские ГЭС и др.); рыболовством («Мурманский траловый флот»). Степень износа основных фондов предприятий Мурманской области по данным статистического ежегодника «Мурманская область» приведена в таблице [9].

Основные фонды коммерческих организаций¹ по видам экономической деятельности

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Добыча полезных ископаемых						
Степень износа (на конец года), %	55,5	54,5	56,6	56,7	55,6	54,2
Обрабатывающие производства						
Степень износа (на конец года), %	29,4	32,4	41,1	44,3	45,9	48,2
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды						
Степень износа (на конец года), %	45,5	44,7	43,6	43,6	44,2	48,2

¹ Без субъектов малого предпринимательства.

Степень износа основных средств ведущих организаций Мурманской области высока. Подобную ситуацию можно наблюдать и по всей стране. Кроме того, не представляется возможным найти статистические данные по морально устаревшим основным средствам.

Как было отмечено выше, начисленные суммы амортизации увеличивают затраты производства, и при этом накопление сумм амортизации для обновления основных производственных фондов на предприятиях не происходит. Ни одна организация не резервирует сумму начисленной амортизации, откладывая с выручки. В основном получаемая выручка у организаций находится в обороте. Сумма начисленной амортизации в отчетности предприятия не отражается, так как в бухгалтерском балансе отражается остаточная стоимость основных средств организации на отчетную дату. Остаточная стоимость определяется как разница между первоначальной (восстановительной) стоимостью основных средств и суммой начисленной амортизации.

При условии резервирования сумм начисленной амортизации у организации не аккумулируется достаточное количество средств для обновления и модернизации основных средств. Соответственно требуется финансовая поддержка и со стороны государства, привлечение инвесторов.

В настоящее время в Российской Федерации во многих отраслях экономики формируется стратегия импортозамещения. Импортозамещение представляет собой тип экономической стратегии и промышленной политики государства, направленный на защиту внутреннего производителя путем замещения импортируемых промышленных товаров товарами национального производства. Результатом импортозамещения должно стать повышение конкурентоспособности отечественной продукции посредством стимулирования технологической модернизации производства, повышения его эффективности и освоения новых конкурентоспособных видов продукции с относительно высокой добавленной стоимостью [1]. Для эффективного развития импортозамещения в каждой отрасли необходимо обеспечить набор стимулов: снять административные барьеры, создать благоприятную экономическую среду, использовать в полном объеме суммы начисленной амортизации для обновления основных производственных фондов, а также оказать государствен-

ную поддержку организациям по техническому перевооружению изношенных объектов основных средств для развития производства, для выпуска качественной продукции по низким ценам. Стратегия импортозамещения предполагает наличие производственных мощностей и конкурентоспособных предприятий, для чего необходимо создать новые производства для постепенного перехода от производства простых товаров к наукоемкой и высокотехнологичной продукции путем повышения уровня развития производства и технологий.

В этой связи необходимость использования амортизации через механизм создания амортизационного фонда в организациях была бы одним из источников развития производственных мощностей, модернизации имеющихся основных средств, приобретения новых объектов основных производственных средств.

Вопрос создания амортизационного фонда в организациях, особенно в Мурманской области, встает остро. В данной ситуации это должно быть закреплено на законодательном уровне, что стало бы решением проблемы воспроизводства основных фондов не только для организаций Мурманской области, но для всех предприятий Российской Федерации. Создание амортизационного фонда за счет начисленных сумм амортизации оказало бы большую помощь в обновлении активной части основных производственных фондов.

Статья написана при поддержке гранта Российского гуманитарного научного фонда, проект № 15-12-51003 «Жилищный рынок и жилищное строительство: факторы ценообразования и развития на Кольском Севере».

Список литературы

1. Перегородиева Л.Н. Стратегия импортозамещения в России [Электронный ресурс] // URL: <http://protestirui.ru/pravo/49> (дата доступа: 22/06/2015).
2. Письмо Министерства финансов Российской Федерации от 08.06.2012 № 03-03-06/1/295, Информационная система КонсультатПлюс.
3. Письмо Министерства финансов Российской Федерации от 15.02.2012 № 03-03-06/1/85), Информационная система КонсультатПлюс.
4. Письмо Министерства финансов Российской Федерации от 17.11.2006 № 03-03-04/1/779, Информационная система КонсультатПлюс.
5. Письмо Министерства финансов Российской Федерации от 22.12.2014 № 03-03-06/1/66272, Информационная система КонсультатПлюс.
6. Письмо Министерства финансов Российской Федерации от 30.10.2014 № 03-03-06/1/55106 «О порядке учета амортизационной премии при исчислении налога на прибыль», Информационная система КонсультатПлюс.

7. Приказ Министерства финансов Российской Федерации от 30.03.2001 № 26н «Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету «Учет основных средств» ПБУ 6/01», Информационная система КонсультатПлюс.

8. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь (ИНФРА-М, 2006). Информационная система КонсультатПлюс, Словарь экономических и финансовых терминов.

9. Сайт Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области [Электронный ресурс] // URL: http://murmanskstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/murmanskstat/resources.pdf (дата доступа: 10/06/2015).

10. Федеральный закон от 05.08.2000 № 117-ФЗ «Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая)», Информационная система КонсультатПлюс;

6. Pismo Ministerstva finansov Rossijskoj Federacii ot 30.10.2014 no. 03-03-06/1/55106 «O porjadke ucheta amortizacionnoj premii pri ischislenii naloga na pribyl», Informacionnaja sistema KonsultatPljus.

7. Prikaz Ministerstva finansov Rossijskoj Federacii ot 30.03.2001 no. 26n «Ob utverzhenii Polozhenija po buhgalter-skomu uchetu «Uchet osnovnyh sredstv» PBU 6/01», Informacionnaja sistema KonsultatPljus.

8. Rajzberg B.A., Lozovskij L.Sh., Starodubceva E.B. Sovremennij jekonomicheskij slovar (INFRA-M, 2006). Informacionnaja sistema KonsultatPljus, Slovar jekonomicheskij i finansovyh terminov.

9. Sajt Federalnoj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Murmansknoj oblasti Jelektronnyj resurs // URL: http://murmanskstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/murmanskstat/resources.pdf (Data dostupa: 10/06/2015).

10. Federalnyj zakon ot 05.08.2000 no. 117-FZ «Nalogovyj kodeks Rossijskoj Federacii (chast vtoraja)», Informacionnaja sistema KonsultatPljus.

References

1. Peregorodjeva L.N. Strategija importozameshhenija v Rossii Jelektronnyj resurs // URL: <http://protestirui.ru/pravo/49> (Data dostupa: 22/06/2015).

2. Pismo Ministerstva finansov Rossijskoj Federacii ot 08.06.2012 no. 03-03-06/1/295, Informacionnaja sistema KonsultatPljus.

3. Pismo Ministerstva finansov Rossijskoj Federacii ot 15.02.2012 no. 03-03-06/1/85), Informacionnaja sistema KonsultatPljus.

4. Pismo Ministerstva finansov Rossijskoj Federacii ot 17.11.2006 no. 03-03-04/1/779, Informacionnaja sistema KonsultatPljus.

5. Pismo Ministerstva finansov Rossijskoj Federacii ot 22.12.2014 no. 03-03-06/1/66272, Informacionnaja sistema KonsultatPljus.

Рецензенты:

Скуфьина Т.П., д.э.н., профессор кафедры философии и социологии, Кольский филиал, Петрозаводский государственный университет, г. Апатиты;

Иванова М.В., д.э.н., доцент, заведующая кафедрой бизнес-информатики, директор Кольского филиала, ФГБОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет», г. Апатиты.

УДК 33.45

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ ЗАТРАТАМИ ПО УРОВНЯМ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ

¹Лоскутова Н.И., ²Калмакова Н.А.

¹Челябинский институт путей сообщения филиал, Уральский государственный университет путей сообщения, Челябинск, e-mail: natali_loskut@mail.ru;

²Челябинский филиал ФГБОУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Челябинск, e-mail: nakalmakova@mail.ru

В статье говорится о повышении качества управления затратами на всех уровнях управления, что требует комплексного подхода, которым является совершенствование методов учёта, формирования, планирования, анализа и расчёта текущих затрат. Программой структурной реформы предполагается отделение конкурентных видов деятельности от монопольных. Основным требованием к новой системе управления ОАО РЖД является обеспечение раздельного учёта всех составляющих производственного процесса по видам деятельности и методу калькулирования себестоимости по видам деятельности и укрупнённым видам работ. Оценка совершенствования системы управления затратами также требует разработки методики расчёта влияния качества эксплуатационной работы и показателей использования подвижного состава на эксплуатационные расходы и себестоимость по видам деятельности и укрупнённым видам работ (УВР). Переход к новой системе формирования и учёта затрат, с выделением групп расходов по видам деятельности и УВР, значительно расширяет, детализирует и углубляет возможности анализа, расчёта и планирования затрат, совершенствует систему управления затратами в текущем периоде и на перспективу. Управление затратами требует целенаправленного планирования и регулирования затрат на основе применения дифференцированных технически и экономически обоснованных норм расходов, анализа и контроля их выполнения, по местам возникновения затрат.

Ключевые слова: качество управления затратами, информационная система, структурная реформа, эксплуатационные расходы

MODERN PROBLEMS OF MANAGING ENTERPRISE COST LEVELS OF THE ORGANIZATIONAL STRUCTURE

¹Loskutova N.I., ²Kalmakova N.A.

¹Chelyabinsk institute of railway branch of the Ural state university of railways, Chelyabinsk, e-mail: natali_loskut@mail.ru;

²Chelyabinsk branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Chelyabinsk, e-mail: nakalmakova@mail.ru

The article talks about improving the quality of cost management at all levels of government that requires a comprehensive approach, one of which is the improvement of methods of accounting, formation, planning, analysis and calculation current cost. The program of structural reform it is assumed the separation of competitive activities from monopoly. The main requirement for the new system of management of JSC «Russian Railways» is to ensure separate accounting of all factors of production by activity and method of activity based costing by activity and the combined activities. Evaluation of improving the cost management system also requires the development of methods of calculation of influence of quality of work and performance indicators of rolling stock on operating costs and costs by activity and OIA. The transition to the new system of formation and cost accounting, the allocation of expenditure groups by type of activity and UVR significantly expands, specifies and deepens the possibilities of analysis, calculation and planning costs, improving the system of cost management in the current period and in the future. Cost management requires deliberate planning and regulation costs through the application of reasonable norms of expenditure, but also analysis, monitoring their implementation. Cost management requires deliberate planning and regulation costs through the application of differentiated technically and economically reasonable norms of expenditure, analysis and monitoring their implementation, cost.

Keywords: quality cost management, information system, structural reform, operating costs

Повышение качества управления затратами на всех уровнях управления требует комплексного подхода, которым является совершенствование методов учёта, формирования, планирования, анализа и расчёта текущих затрат. Базой для совершенствования планирования и управления затратами является управленческий учёт на основе автоматизированных ин-

формационных систем управления финансово-экономической деятельностью в режиме реального времени (ЕК АСУФР) «Единая корпоративная автоматизированная система управления финансами и ресурсами», внедрённая на железнодорожном транспорте в 2011 году.

Сегодня ЕК АСУФР позволяет работникам финансового блока ОАО РЖД в режиме

реального времени контролировать денежные потоки, следить за целевым использованием денежных средств и наличием запасов, а также оптимизирует множество других деловых процессов. Система обеспечивает работу всех 17 железных дорог России в едином стандарте с использованием нормативно-справочной информации. ЕК АСУФР не имеет аналогов в мире как по охвату (территория, часовые пояса), так и по объему операций [11, с. 62–65; 31–44].

Цель исследования. Программа структурной реформы железнодорожного транспорта предусматривает отделение конкурентных видов деятельности от монопольных. В связи с этим важнейшим основным требованием к новой системе управления ОАО РЖД является обеспечение раздельного учёта всех составляющих производственного процесса по видам деятельности и методу калькулирования себестоимости по видам деятельности и укрупнённым видам работ.

От точности калькулирования себестоимости перевозок и степени соотношения её с доходами по видам деятельности зависит обоснованность принятия правильных управленческих решений как в целом по ОАО РЖД, так и на уровнях территориальных филиалов (железных дорог) и структурных подразделений. Эта проблема приобретает особое значение с переходом отрасли к холдинговой структуре управления, при которой формирование условий для правильного расчёта себестоимости и распределения расходов по видам деятельности оказывает влияние на финансовые результаты не только головной компании, но и каждого из подразделений [10, с. 24–36].

При решении локальных технико-экономических задач обоснование принимаемых управленческих решений может зависеть также от соотношения (удельного веса) зависящих от объёма перевозок и условно-постоянных расходов по видам деятельности и укрупнённым видам работ (УВР). Например, уровень зависящих расходов по УВР по виду деятельности «Грузовые перевозки» изменяется как расчёты от 20 до 89%, составляя в среднем 40% (основной вариант анализа). Формирование расходов филиалов ОАО РЖД и калькулирование их по видам деятельности и УВР должно производиться в разрезе отраслевых хозяйств на всех уровнях управления. Базой этих расчётов является внедрение управленческого учёта и ЕК АСУФР (модуль СО «Контроллинг») [3, с. 58–64]. Структура расходов отраслевых хозяйств по видам деятельности и УВР различается значительно как в целом, так и по элементам затрат и удельному

весу основных групп расходов. важным направлением сокращения эксплуатационных расходов и улучшения финансовых показателей работы железнодорожного транспорта на современном этапе является повышение качества транспортного обслуживания клиентуры на основе улучшения показателей эксплуатационной деятельности железных дорог, привлечения за счёт изменения качества перевозок дополнительных объёмов перевозок, расширения рынка транспортных услуг. Оценка совершенствования системы управления затратами также требует разработки методики расчёта влияния качества эксплуатационной работы и показателей использования подвижного состава на эксплуатационные расходы и себестоимость по видам деятельности и УВР.

В настоящее время кафедра «Экономика и управление на транспорте» МИИТа разработала и предложила к использованию методику взаимосвязи расходов по основным видам деятельности и УВР с объёмом перевозок и с качественными показателями подвижного состава [1; 2]. Эта методика базируется на многолетних исследованиях учёных-экономистов в области калькулирования затрат транспорта – проф. Е.В. Михальцева, А.С. Чудова, А.П. Абрамова, В.Н. Орлова, А.М. Шульги и многих других. Основой её построения является применение традиционных методов, с определённой степенью их модификации по видам деятельности и УВР.

Следует отметить, что переход к новой системе формирования и учёта затрат, с выделением групп расходов по видам деятельности и УВР, значительно расширяет, детализирует и углубляет возможности анализа, расчёта и планирования затрат, совершенствует систему управления затратами в текущем периоде и на перспективу. Рассмотренные проблемы позволяют сформулировать основные факторы, определяющие специфику управления затратами на четвёртом этапе реформирования отрасли. К ним относятся: изменение структуры органов управления отраслью; разделение видов собственности и расходов по видам деятельности и укрупнённым видам работ; создание информационной базы формирования и учёта затрат по этим группам; наличие информации и автоматизация расчёта затрат на основе внедрения управленческого учёта и системы ЕК АСУФР, позволяющей осуществлять сквозной и калькулирование затрат по видам деятельности и УВР на всех уровнях управления; наличие методики определения взаимосвязи расходов данных групп с объёмом перевозок и качеством эксплуатационной работы;

разработанная методика расчёта структуры расходов по видам деятельности и УВР – по отраслевым хозяйствам, статьям и элементам затрат, группам производственных и общехозяйственных расходов; наличие взаимосвязи эксплуатационных расходов с показателями конъюнктуры транспортного рынка и возможности её исследования [2, с. 70–75]. Повышение значимости показателей «эксплуатационные расходы» и «качество транспортного (перевозочного) процесса» в деятельности на рынке транспортных услуг, их роли в привлечении на железные дороги дополнительных объёмов перевозок, совершенствовании системы ценообразования, в повышении финансово-экономической устойчивости, конкурентоспособности железнодорожного транспорта. Управление затратами требует не только целенаправленного планирования и регулирования затрат на основе применения обоснованных норм расходов, но и анализа, контроля их выполнения.

Продукцией ОАО РЖД являются перевозки, которые нельзя накопить или отложить в запас. К управлению затратами в такой компании выдвигается ряд дополнительных требований: своевременное, полное и достоверное документирование фактических затрат на момент их возникновения, предполагающее оперативность отражения используемых ресурсов при совершении хозяйственных операций в натуральном и стоимостном выражении, позволяющее обеспечивать объективность принятия управленческих решений; группировка и учёт расходов по центрам затрат и центрам ответственности, обеспечивающие целенаправленный характер воздействия управленческих решений на расходы; оперативное отклонение фактических расходов от установленных норм или плановых заданий с указанием причин и виновников по возникшим отклонениям, выявление изменений установленных норм, способствующее оперативному управлению расходами по отклонениям от норм и обеспечивающее возможность их устранения непосредственно в процессе формирования эксплуатационных расходов. Перечисленные требования в вопросах управленческого учёта, управления затратами на принципах самоорганизации не находят полного применения на практике [1; 2]. Особенностью транспортной отрасли является, то, что снижение эксплуатационных издержек здесь ограничено определёнными технологическими пределами с точки зрения обеспечения безопасности движения поездов, бесперебойного функционирования оборудования и охраны труда с учётом

физического состояния и уровня надёжности техники [8, с. 15–28].

Существует ряд причин, подтверждающих необходимость внедрения управленческого учёта: система бухгалтерского учёта отражает произведённые затраты по факту и не в состоянии обеспечить оперативное принятие управленческих решений, способствующих минимизации затрат; не выполняется принцип оперативности в выявлении отклонений фактических затрат от установленных норм и плановых показателей; большой диапазон работ не охвачен техническим нормированием, а периодичность обновления существующих среднесетевых норм и нормативов отстаёт от уровня развития техники и технологий выполнения работ; отсутствует полный контроль качества за целесообразностью использования различных видов ресурсов [13]. Организационно-экономическую систему управления затратами можно представить как взаимодействие субъекта или управляющей системы (ОАО РЖД в целом, её филиалов и структурных подразделений в частности) и объекта управления (затрат компании на соответствующем уровне) под непрерывным воздействием внешних и внутренних переменных [6, с. 32–43]. Воздействие внешней среды на систему с управлением (предприятия железнодорожного транспорта и затраты отрасли) осуществляется посредством поступающей извне информации о политической и социально-экономической ситуации в стране, положении ОАО РЖД на рынке транспортных услуг, изменении цен на ресурсы и т.д. [13, с. 22–38].

Управление отраслью железнодорожного транспорта осуществляется в большей степени во внутренней среде, однако чем ниже находится предприятие – подразделение компании ОАО РЖД в иерархии управления, тем большую роль играет внешнее управление со стороны вышестоящего подразделения. Централизованный подход к управлению затратами затрагивает текущие расходы отрасли в меньшей степени, чем другие объекты, поскольку непосредственное воздействие на их величину оказывается на месте возникновения. Организационно-экономический процесс управления затратами ОАО РЖД в общем виде выглядит следующим образом (рис. 1) [9].

Структурное построение ОАО РЖД предусматривает железные дороги как «филиалы», а отделения железных дорог, дирекции, центры, а также локомотивные, вагонные депо, дистанции пути, сигнализации и связи и другие линейные предприятия как «структурные подразделения».

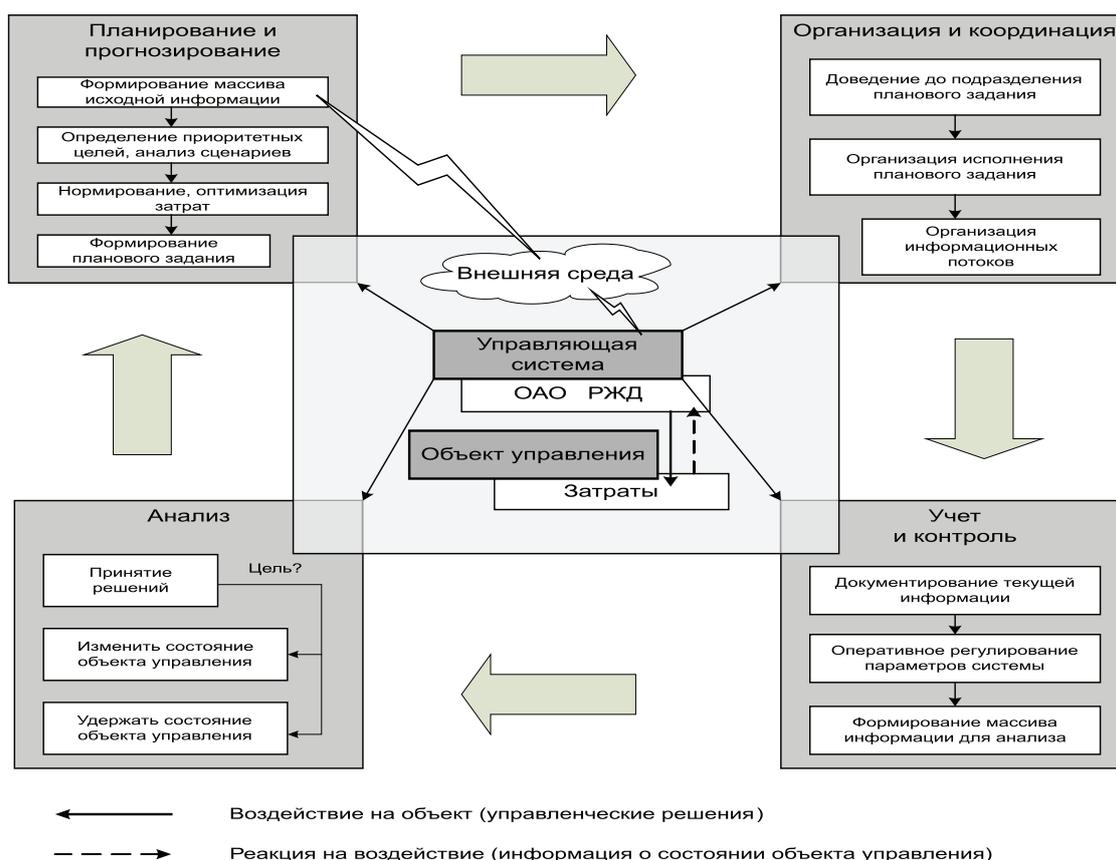


Рис. 1

Основным сегментом эксплуатационных затрат принят – носитель затрат – хозяйство отделения, подчинённый уровень данной иерархии составляют виды структурных подразделений (центры ответственности) (рис. 2) [4, с. 208–212].

Нижний уровень обобщения данных сформирован по видам транспортной работы, а базовый уровень составляет множество подпроцессов (хозяйственных операций), что позволяет в значительной степени повысить точность и достоверность информационной базы принятия управленческих решений. Для распределения специфических расходов между видами деятельности локализованы виды деятельности, связанные с осуществлением перевозок, предоставлением услуг инфраструктуры и локомотивной тяги, и виды деятельности, не связанные с осуществлением перевозок, предоставлением услуг инфраструктуры и локомотивной тяги [5, с. 32–43].

Управление затратами требует целенаправленного планирования и регулирования на основе применения дифференцированных технических и экономически обоснованных норм расходов, анализа и контроля их выполнения, по местам возникновения затрат.

Особенностью калькулирования себестоимости по видам деятельности первой группы является необходимость распределения между ними части расходов на содержание инфраструктуры железнодорожного транспорта, локомотивную тягу, ремонт подвижного состава и т.д. Эти расходы хотя и относятся к группе прямых производственных, но, тем не менее подлежат распределению (рис. 3).

Управление затратами в соответствии с разработанной Номенклатурой доходов и расходов (утверждённой распоряжением ОАО РЖД № 2124р от 13.10.2010 г.) обеспечивает единый методический подход к формированию доходов и расходов, уровень потребностей в трудовых, материальных и финансовых ресурсах, единообразное определение состава затрат, включаемых в конкретные группы расходов, их учёт по признакам классификации, разработку методик распределения расходов по видам деятельности, укрупнённым видам работ и тарифным составляющим (рис. 3 и 4) [7, с. 17]. Доходы, расходы и финансовый результат по видам деятельности второй группы определяется в рамках каждого структурного подразделения ОАО РЖД (рис. 4) [12, с. 240].

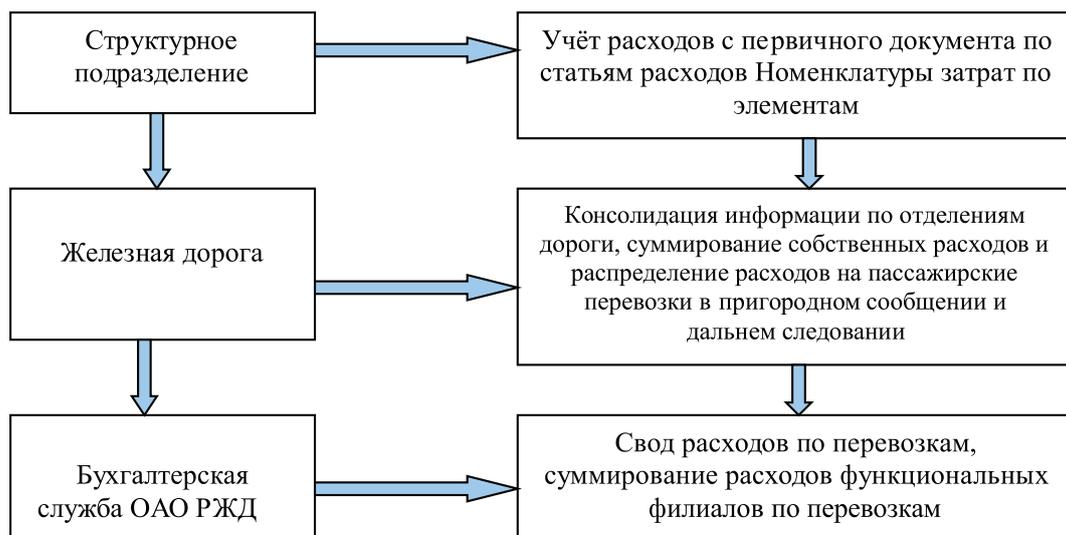


Рис. 2. Учёт затрат по уровням организационной структуры



Рис. 3. Виды деятельности первой группы



Рис. 4. Виды деятельности второй группы

Выводы и рекомендации

1. Решение современных задач в области совершенствования системы управления затратами требует разработки и применения методических подходов к определению величины и структуры расходов с учётом их специфики по видам деятельности и УВР. Формирование и расчёт затрат следует производить по УВР, входящим в каждый вид деятельности, по статьям; элементам затрат; отраслевым хозяйствам, по каждой группе производственных и общехозяйственных расходов. Это позволит раскрыть специфику расходов по каждому из видов деятельности и УВР, а также установить приоритетность влияния отдельных факторов.

2. Для расчёта зависимости расходов по видам деятельности и УВР от основных факторов, – объёма перевозок и качества эксплуатационной работы – могут быть использованы традиционные методы: расчёт удельного веса зависящих от объёма перевозок расходов по статьям номенклатуры, видам перевозок; методы распределения расходов, общих для всех мест распределения затрат, а также удельные веса расходов УВР, входящих в состав конкретного вида деятельности.

3. Исследование влияния качественных показателей использования подвижного состава

на расходы по видам деятельности и УВР может быть выполнено модифицированным методом единичных расходных ставок.

Список литературы

1. Калмакова Н.А. Инструменты управленческого учета результативности региональных производственных систем на принципах самоорганизации // Управленческий учет. – 2015. – № 2. – С. 5–12.
2. Лоскутова Н.И. Распределения и калькулирование затрат по видам деятельности на железнодорожном транспорте: сб. науч. тр. / Н.И. Лоскутова, Т.И. Бухтиярова. – М.: ООО НИЦ «Стратегия», 2009. – С. 70–75.
3. Лоскутова Н.И. Организация учёта расходов по местам возникновения затрат: сб. науч. тр. / Н.И. Лоскутова, Т.И. Бухтиярова // Вестник ЮУрГУ, серия «Экономика и менеджмент»: вып. 12 № 41 [174]. – Челябинск, 2009. – С. 58–64.
4. Лоскутова Н.И. Методологический подход к управлению затратами на железнодорожном транспорте: сб. науч. тр. – Челябинск, РГТЭУ, 2010. – С. 208–212.
5. Лоскутова Н.И. Особенности методических подходов к использованию управленческого учёта по местам возникновения затрат и центрам ответственности в структурных подразделениях Челябинского отделения ЮУЖД: сб. науч. тр. / Н.И. Лоскутова, Л.В. Юрьева // Стратегический управленческий анализ. – Екатеринбург, 2011. – № 3–4 (17–18) июль-декабрь. – С. 32–43.
6. Михальцев Е.В. Себестоимость железнодорожных перевозок. – М.: Государственное транспортное изд-во, 1957. – 415 с.
7. Макеева Е.З. Методика распределения общепроизводственных и общехозяйственных расходов производственных подразделений // Консалтинговый сборник. – М., 2007. – С. 17.

8. Мачерет Д.А. Совершенствование методов планирования и регулирования эксплуатационных расходов // Экономика железных дорог. – 2002. – № 8. – С. 15–28.
9. Суменкова А.М. Природно-климатический риск в управлении затратами путевого хозяйства: дис. ... канд. экон. наук – 2006. 08.00.12.
10. Смехова, Н.Г. Управление затратами железнодорожного транспорта по видам деятельности и УВР ОАО РЖД // Корпоративные финансы. – М., 2007. – № 5. – С. 24–36.
11. Смехова Н.Г., Шишков, А.В. Управление затратами железнодорожного транспорта по видам деятельности и УВР в ОАО РЖД / Н.Г. Смехова, А.В. Шабанов // Экономика железных дорог. – 2009. – № 3–4. – С. 62–75; 31–44.
12. Терешина Н.П., Шобанов, А.В., Рышков, А.В. Управление конкурентоспособностью железнодорожных перевозок. – М.: ВИНТИ РАН, 2005. – 240 с.
13. Шишков А.Д. Комплексное управление качеством продукции на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1980.
14. Юрьева, Л.В. Анализ взаимосвязи концепций контроллинга и управленческого учёта // Стратегический управленческий анализ. – Нижний Тагил, 2008. – № 2(5). – С. 22–38.
15. Мачерет Д.А. Совершенствование методов планирования и регулирования эксплуатационных расходов // Экономика железных дорог. – 2002. – № 8. – С. 15–28.
16. Мihalcev E.V. Sebestoimost zheleznodorozhnyh perevozok. M.: Gosudarstvennoe transportnoe izd-vo, 1957. 415 p.
17. Makeeva E.Z. Metodika raspredelenija obshheproizvodstvennyh i obshhehozajstvennyh rashodov proizvodstvennyh podrazdelenij // Konsaltingovyy sbornik. M., 2007. pp. 17.
18. Macheret D.A. Sovershenstvovanie metodov planirovaniya i regulirovaniya jekspluatacionnyh rashodov // Jekonomika zheleznnyh dorog. 2002. no. 8. pp. 15–28.
19. Sumenkova A.M. Prirodno-klimaticheskij risk v upravlenii zatratami putevogo hozjajstva: dis. ... kand. jekon. nauk 2006. 08.00.12.
20. Smehova, N.G. Upravlenie zatratami zheleznodorozhnogo transporta po vidam dejatelnosti i UVR ОАО RZhD // Korporativnye finansy. M., 2007. no. 5. pp. 24–36.
21. Smehova N.G., Shishkov, A.V. Upravlenie zatratami zheleznodorozhnogo transporta po vidam dejatelnosti i UVR v ОАО RZhD / N.G. Smehova, A.V. Shabanov // Jekonomika zheleznnyh dorog. 2009. no. 3–4. pp. 62–75; 31–44.
22. Tereshina N.P., Shobanov, A.V., Ryshkov, A.V. Upravlenie konkurentosposobnostju zheleznodorozhnyh perevozok. M.: VINITI RAN, 2005. 240 p.
23. Shishkov A.D. Kompleksnoe upravlenie kachestvom produkcii na zheleznodorozhnom transporte. M.: Transport, 1980.
24. Jureva, L.V. Analiz vzaimosvjazi koncepcij kontrollinga i upravlencheskogo uchjota // Strategicheskij upravlencheskij analiz. Nizhnij Tagil, 2008. no. 2(5). pp. 22–38.

References

Рецензенты:

Зубкова О.В., д.э.н., доцент, заведующая кафедрой экономики, Уральский социально-экономический институт (филиал) ОПУ ВПО «Академия труда и социальных отношений», г. Челябинск;

Подповетная Ю.В., д.п.н., доцент, заведующая кафедрой «Математика и информатика», Челябинский филиал Финуниверситета, г. Челябинск.

УДК 316.4.06; 316.334.2

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНДЕКСА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Маклакова Т.Г., Булатова Т.А.

*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск,
e-mail: mclakova.t@gmail.com;*

*ФГБОУ ВПО «Томский государственный педагогический университет»,
Томск, e-mail: bulatowa@mail.ru, brief@sibmail.com*

Индекс человеческого развития – один из наиболее известных показателей оценки качества жизни населения, широко используемый для анализа и сравнения уровня развития стран и регионов. Ввиду очевидной региональной дифференциации, наблюдающейся на территории РФ, расчет индекса человеческого развития ее субъектов становится важной задачей. Полученные данные позволяют выявить сильные и слабые стороны регионов с целью формирования стратегии развития, а также составления соответствующих прогнозов. Томская область является одним из лидеров Сибирского федерального округа по показателю индекса человеческого развития и представляет интерес с точки зрения исследования данного параметра. Томск, один самых студенческих городов России, является привлекательным местом для молодого трудоспособного населения. Большое число выпускаемых высококвалифицированных специалистов различных областей, развитие инновационной деятельности, возможность создания молодых семей и, как следствие, увеличения рождаемости – все это позволяет судить о Томской области как о регионе с большим потенциалом развития. Это диктует необходимость анализа современного уровня индекса человеческого развития в качестве базы для дальнейшего формирования актуальной социально-экономической политики.

Ключевые слова: социальная модернизация, индекс человеческого развития, индекс долголетия, индекс образования, индекс дохода, индекс сбалансированности человеческого потенциала

ANALYSIS AND PROGNOSTICATION OF HUMAN DEVELOPMENT INDEX IN TOMSK REGION

Maklakova T.G., Bulatova T.A.

*Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education National Research
Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: mclakova.t@gmail.com;*

Tomsk State Pedagogical University, Tomsk, e-mail: bulatowa@mail.ru, brief@sibmail.com

Human development index - one of the best known of indicators to measure quality of life. It is widely used to analyze and compare the level of development of countries and regions. On the territory of the Russian Federation observed regional differences, so the calculation of the index of the human development of its regions becomes an important issue. Obtained data allow to reveal strengths and weaknesses of the regions to form a development strategy and drawing up the relevant forecasts. Tomsk Region is one of the leaders in the Siberian Federal District in terms of the human development index and is interesting in terms of the study of this parameter. Because of universities Tomsk is an attractive place for young people of working age. A large number of qualified specialists in various spheres, the development of innovation, creating opportunity for young families and, as a consequence, increasing the birth rate, all this gives an indication of the Tomsk region, as a region with great potential for development. This requires analysis of the current level of human development index as a basis for further development of relevant social and economic policies.

Keywords: social modernization, Human Development Index, Index of Longevity, Education Index, Index of Income, Index of balance of human potential

Стремление современного общества к переходу на новый, неоиндустриальный строй подразумевает не только материально-техническое обновление ресурсов, но и изменения в сознании человека. Высокотехнологичное общество предполагает наличие еще более высокообразованного участника – человека, способного взаимодействовать и осуществлять контроль над стремительно развивающимися технологическими процессами. Таким образом, тенденции современной модернизации диктуют необходимость социальных перемен и социокультурного развития.

Высокий уровень жизни населения – это первый показатель прогрессивного общества, способного осуществить переход на новый этап развития.

Индекс человеческого развития (ИЧР), в сложившихся социально-экономических условиях, является одним из важнейших показателей положения общества. Разработанный в 1990 году группой пакистанских ученых во главе с экономистом Махбубом-уль-Хаком, ИЧР является интегрированным показателем, объединяющим данные по таким областям жизне-

деятельности, как здравоохранение, образование и экономика.

В то время как на международном уровне наибольший интерес представляет сопоставление ИЧР различных стран, на государственном уровне важен анализ дифференциации региональных индексов. Россия в этой ситуации представляет особый интерес ввиду значительной протяженности территории, различной степени обеспеченности ресурсами, наличия крупных самостоятельных субъектов и т.д.

Сибирский федеральный округ (СФО) в частности является местом сосредоточения большого объема полезных ископаемых, в том числе нефти, множества научных центров, университетов и инновационных предприятий. По данным 2013 года СФО располагается на третьем месте по численности населения среди округов РФ, в том числе по численности населения трудоспособного возраста, представляющего наибольший интерес в анализе ИЧР [6].

Отметим, что ввиду затрудненности получения данных результаты расчета ИЧР регионов предоставляются с некоторым запозданием. В данной статье рассматривается рейтинг ИЧР, представленный в отчете ПРООН в 2013 году по данным 2010 года.

Томская область, принятая в качестве базы данного исследования, располагается на втором месте по показателю ИЧР в границах Сибирского федерального округа

(СФО), всего на 0,2 пункта отставая от регионального лидера – Красноярского края (табл. 1). Базируясь на данных, приведенных в табл. 1, проанализируем недостатки и преимущества Томской области с точки зрения параметров, формирующих ИЧР.

Общепринятая формула ИЧР включает 3 вида показателей:

- Ожидаемая продолжительность жизни – оценивает систему здравоохранения и долголетие.

- Уровень грамотности населения страны (2/3) и доля учащихся среди детей и молодежи в возрасте от 6 до 23 лет (1/3).

- Уровень жизни, оцененный через ВНД на душу населения по паритету покупательной способности (ППС) в долларах США.

Одним из таких инструментов оценки уровня ИЧР является расчет Индекса сбалансированности человеческого потенциала (ИСП), отражающий равномерность влияния отдельных компонентов ИЧР на итоговый результат. Расчет ИСП позволяет определить наиболее успешные области развития, а также те, которые требуют особого внимания. Таким образом, чем ближе значение показателя ИСП региона к единице, тем гармоничнее его социально-экономическое развитие, что, в свою очередь, напрямую определяет уровень жизни населения с учетом комплексного влияния на различные сферы жизнедеятельности.

Таблица 1

Индекс человеческого развития в регионах Российской Федерации по данным отчета ПРООН 2013 года (за 2010 г.) [4]

Регион	ВВП ППС	Индекс дохода	Продолжительность жизни, лет	Индекс долголетия	Грамотность, %	Доля учащихся, %	Индекс образования	ИЧР	Место во всероссийском рейтинге
Россия	19674	0,882	68,83	0,731	99,7	0,755	0,916	0,843	
Красноярский край	27100	0,935	67,76	0,713	99,6	0,754	0,915	0,854	7
Томская область	20638	0,890	68,61	0,727	99,7	0,828	0,941	0,852	9
Омская область	16591	0,853	68,83	0,731	99,5	0,821	0,937	0,840	13
Новосибирская область	13745	0,822	69,18	0,736	99,6	0,806	0,933	0,830	22
Кемеровская область	20891	0,892	65,66	0,678	99,7	0,720	0,905	0,825	27
Иркутская область	17745	0,864	65,52	0,675	99,6	0,785	0,926	0,822	31
Республика Хакасия	14079	0,826	67,26	0,704	99,7	0,742	0,912	0,814	42
Алтайский край	10690	0,780	68,54	0,726	99,5	0,738	0,909	0,805	56
Республика Бурятия	10771	0,781	65,93	0,682	99,5	0,785	0,925	0,796	69
Забайкальский край	12224	0,802	64,73	0,662	99,5	0,725	0,905	0,790	72
Республика Алтай	7605	0,723	65,92	0,682	99,5	0,788	0,926	0,777	78
Республика Тыва	8064	0,733	61,00	0,600	99,6	0,762	0,918	0,750	80

Для расчета ИСП используется следующая формула [3]:

$$\text{Исп} = \{1:[(\text{И} - \text{Идх})^2 + (\text{И} - \text{Идл})^2 + (\text{И} - \text{Иоб})^2]\}:100,$$

где И – ИРЧП; Идх – индекс дохода; Идл – индекс долголетия; Иоб – индекс образования.

Распределение ИСП в рамках СФО представлено в табл. 2.

Таблица 2

Индекс сбалансированности человеческого потенциала субъектов СФО по данным 2010 года*

Регион	Индекс сбалансированности
Красноярский край	0,332
Томская область	0,401
Омская область	0,466
Новосибирская область	0,512
Кемеровская область	0,308
Иркутская область	0,292
Республика Хакасия	0,458
Алтайский край	0,565
Республика Бурятия	0,335
Забайкальский край	0,336
Республика Алтай	0,295
Республика Тыва	0,196

Примечание. * Расчеты автора.

Для дальнейшего анализа ИСП Томской области представим детальный расчет (табл. 3).

области с точки зрения развития человеческого потенциала.

В свою очередь, наибольшее положительное отклонение наблюдается в сфере образования, подтверждая лидирующие позиции Томской области на рынке образовательных услуг не только в рамках СФО, но и по всей России.

Индекс дохода, в свою очередь, имеет минимальное отклонение, являясь наиболее приближенным по значению к общему индексу и в меньшей степени оказывая влияние на значение конечного результата.

Рассмотрим более подробно факторы, оказывающие влияние на качество жизни населения Томской области, с точки зрения трех областей (здравоохранение, образование, доход), формирующих базу для расчета Индекса человеческого развития.

Согласно расчетам, приводимым выше, наиболее успешным направлением развития Томской области является сфера образования. По показателю индекса образования (0,941) Томская область является безусловным лидером в рамках СФО. Среди ближайших конкурентов выделяются Омская и Новосибирская области, занимающие второе (0,937) и третье (0,933) места соответственно.

Успех Томской области во многом объясняется сосредоточением крупных высших учебных заведений в городе с небольшим населением. При этом следует отметить, что томские вузы являются признанными лидерами в сфере образовательных услуг не только в России, но и во всем мире. По данным государственной статистики Томская область стабильно занима-

Таблица 3

Расчет Индекса сбалансированности человеческого потенциала Томской области по данным 2010 года*

	Индекс дохода	Индекс долголетия	Индекс образования	ИЧР
Значение индекса	0,890	0,727	0,941	0,852
Отклонение от ИЧР	0,038	-0,125	0,089	
Квадраты отклонений частных индексов	0,0014	0,0156	0,0079	Σ0,0240
Индекс сбалансированности человеческого потенциала				1,0:0,0249:100 Исп = 0,401

Примечание. * Расчеты автора.

Данные, полученные в ходе расчетов, свидетельствуют о том, что наибольшее отклонение наблюдается в области индекса долголетия, при этом данное отклонение является отрицательным, следовательно, проблема продолжительности жизни и организации системы здравоохранения является основной проблемой

ет третье место в России по численности студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры, на 10 000 человек населения, уступая только таким крупнейшим городам, как Москва и Санкт-Петербург. Омская и Новосибирская области в период с 2010 года также занимают высокие позиции по данному показателю (7–12 место по России), в то время

как другие субъекты СФО, в частности лидер окружного рейтинга – Красноярский край (33 место), значительно уступают Томской области [6].

В области долголетия, еще одного ключевого параметра ИЧР, Томская область занимает 3 позицию (0,727) в окружном рейтинге, уступая Омской (0,736) и Новосибирской (0,731) областям.

В целом СФО располагается на предпоследнем месте по показателю ожидаемой продолжительности жизни в сравнении с другими регионами России [6]. Среди причин можно назвать тяжелые климатические условия, затяжные холода, продолжительный период отсутствия солнца, высокую стоимость качественных продуктов, коммерциализацию медицинских услуг и т.п. Все это в совокупности с высокой степенью загрязненности атмосферы относительно других субъектов СФО [6] приводит к распространению среди населения Томской области болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушений обмена веществ, заболеваний органов дыхания, хромосомных нарушений [6].

В то же время показатель заболеваемости ВИЧ и СПИД в Томской области значительно ниже, чем у ближайших соседей: Иркутской, Новосибирской, Кемеровской областей, входящих в десятку самых зараженных регионов России. Это является важным показателем ввиду того, что в целом по России число новых заражений ВИЧ-инфекцией и число смертей, связанных с ВИЧ/СПИД, продолжают возрастать [1].

Инвестиции в здравоохранение – немаловажный показатель развития региона в сфере поддержания здоровья населения и увеличения ожидаемой продолжительности жизни. В 2010 году, инвестиции в здравоохранение в Томской области составили только 3% от суммы всех инвестиций, поставив ее тем самым на 7 место из 12 в границах СФО [6]. Для сравнения, в республике Ингушетия, занимающей первое место в России по ожидаемой продолжительности жизни, инвестиции в здравоохранение составили порядка 11% от общей суммы инвестиций.

По индексу дохода, важнейшему показателю, отражающему уровень жизни населения, Томская область в 2010 году занимает 3 место в округе (0,890), уступая Красноярскому краю (0,935) и Кемеровской области (0,892).

Индекс дохода на региональном уровне принято определять на основе показателя валового регионального продукта, однако такое измерение является не совсем корректным и искажает реальное представление о благосостоянии региона. Причиной является то, что регион гораздо более от-

крытая экономическая система, чем государство. Региональные доходы, в отличие от государственных, как правило, потребляются не там, где производятся, так как значительный объем произведенного валового регионального продукта распределяется государством в индивидуальном для каждого региона размере [5]. Теневая экономика – еще один фактор, затрудняющий расчет регионального индекса доходности. В связи с этим для сопоставления уровня благосостояния субъектов СФО в данной статье используется показатель фактического конечного потребления домашних хозяйств, характеризующий конечное использование товаров и услуг на территории субъекта, размер среднедушевого дохода населения, а также уровень среднемесячной заработной платы в регионах.

По данным службы государственной статистики на момент составления рейтинга Томская область занимала второе место в границах СФО по размеру среднемесячной номинальной начисленной заработной платы, уступая Красноярскому краю [6]. В то же время по показателю среднедушевого дохода Томская область располагается только на 6 месте из 12 в рамках СФО, отставая по значению данного показателя от общероссийского уровня [6]. Следует отметить, что в некоторых регионах России сумма среднедушевых денежных доходов населения превышает сумму среднемесячной номинальной начисленной заработной платы. Притом что среднедушевые доходы рассчитываются с учетом детей и пенсионеров, в том числе на основании показателей производимых расходов, такая ситуация свидетельствует о распространении теневой экономики. СФО и Томская область в частности демонстрируют относительное соответствие данных показателей.

Рассматривая данные о фактическом конечном потреблении домашних хозяйств на душу населения, также можно отметить достаточно низкое положение Томской области (5 место из 12). При этом сумма расходов домохозяйств в Томской области более чем на 20% ниже среднероссийского показателя [6].

Все это, прежде всего, говорит о неравномерности распределения доходов и расходов населения по регионам, а также демонстрирует неблагоприятное положение Томской области с точки зрения благосостояния населения.

Сопоставляя значение показателя ИЧР Томской области с мировым рейтингом по данным за 2010 год, можно отметить, что значение индекса области соответствует странам с очень высоким уровнем Индекса

развития человеческого потенциала, в частности таким, как Люксембург и Австрия (25 и 24 место соответственно) [2]. Однако такое совпадение легко объяснимо ограниченностью критериев оценки ИЧР. Так, например, Австрия и Люксембург демонстрируют высокие показатели индекса дохода (17 и 9 место в мире) и индекса ожидаемой продолжительности жизни (17 и 23 место в мире), но имеют значительное отрицательное отклонение по показателю индекса образования (31 и 45 место в мире).

Томская область, в свою очередь, демонстрирует равномерное распределение значений всех трех составляющих ИЧР, что выводит ее на один уровень с указанными странами. Очевидно, что такое сравнение носит относительный характер и может быть признано некорректным. Реальное соответствие данного параметра приравняло бы Томскую область к странам, регулярно попадающим в топ государств с самым высоким уровнем жизни населения.

Таким образом, Томская область уверенно занимает 2 место в рейтинге ИЧР по СФО, однако это не является гарантией

Основываясь на имеющихся данных, рассмотрим предполагаемые перспективы развития Томской области с точки зрения динамики ИЧР.

В период 2010–2013 гг. в Томской области наблюдалась тенденция к снижению числа студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры, более чем на 10% [6]. Однако количество обучающихся в учреждениях среднего образования, продолжает увеличиваться соизмеримо росту населения Томской области [6] (рис. 1). Причиной развития такой тенденции вероятнее всего послужило снижение рождаемости в 90-е годы, обусловленное социально-экономическими особенностями соответствующего этапа развития России, и резкий рост рождаемости после окончания данного периода. Однако в некоторой степени снижение количества людей, желающих получить высшее образование, может быть связано со значительным ростом стоимости обучения и сокращением числа бюджетных мест в томских вузах, а также с ужесточением правил приема и сдачи вступительных испытаний. Изменение данных условий способно оказать нега-

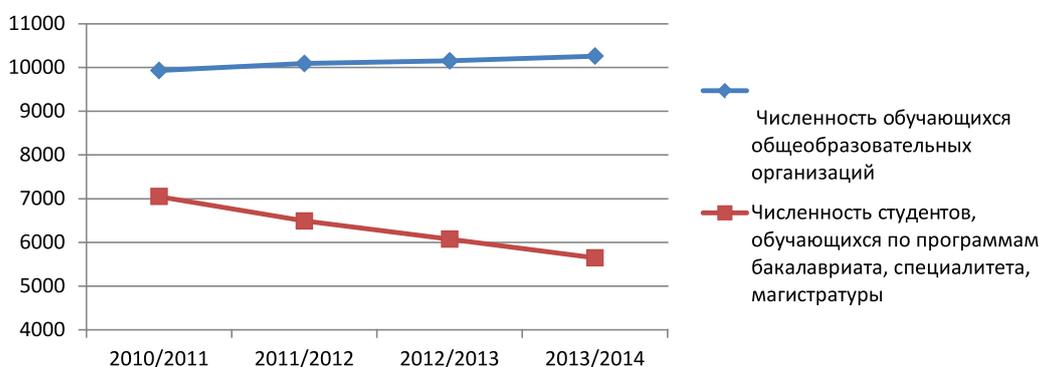


Рис. 1. Динамика численности обучающихся в Томской области в 2010–2013 гг.

высокого качества жизни в регионе. Любая страна и все ее субъекты стремятся к достижению наивысшего значения ИЧР, равного единице. 65 место, занимаемое Россией в рейтинге стран по ИЧР за 2010 год [2], свидетельствует о наличии определенных политических, экономических и социальных проблем. Очевидно, что влияние данных проблем распространяется на все регионы РФ и, в частности, на СФО. Однако в стремлении повысить значение ИЧР необходимо учитывать комплексность данного параметра и важность каждой из составляющих индекса.

тивное влияние на формирование показателя доли учащихся среди детей и молодежи, и, как следствие, спровоцировать снижение индекса образования Томской области.

В сфере здравоохранения и долголетия в Томской области наблюдается положительная тенденция (рис. 2). Увеличение рождаемости и снижение смертности, рост продолжительности жизни, а также значительное снижение числа детей, умерших до года, позволяют предполагать, что индекс ожидаемой продолжительности жизни, или долголетия, возрастет, оказав влияние на рост ИЧР Томской области [6].

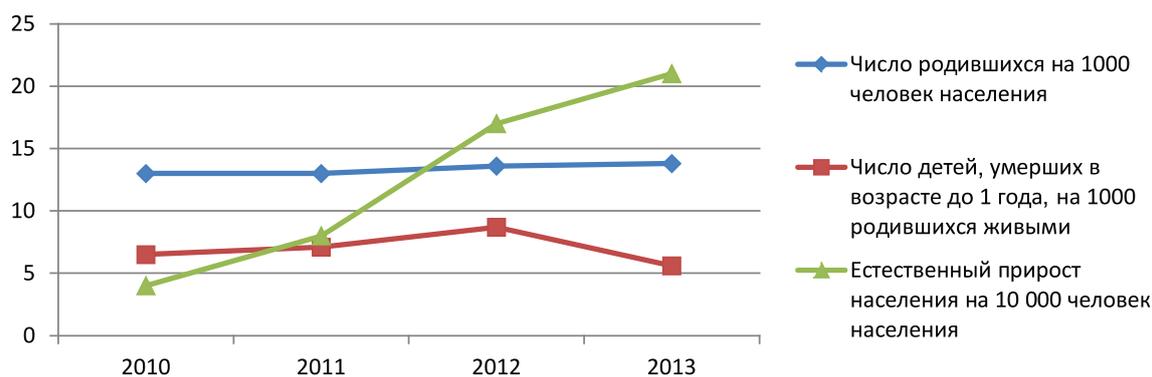


Рис. 2. Тенденции рождаемости, смертности, младенческой смертности и естественного прироста населения 2010-2013 гг.

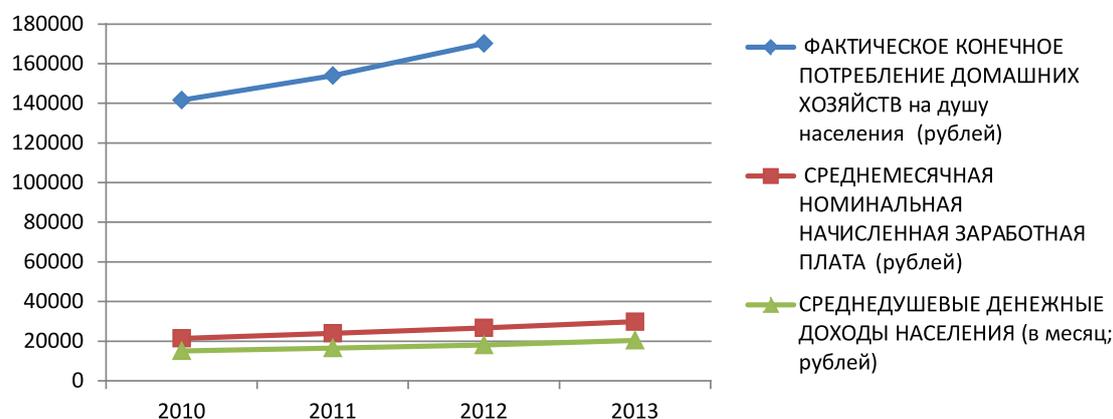


Рис. 3. Динамика экономических показателей жизни населения Томской области 2010–2013 гг.

И, наконец, индекс доходности, рассматриваемый как совокупность показателей средней заработной платы, среднедушевого дохода и конечного фактического потребления домашних хозяйств. По всем названным экономическим составляющим индекса доходности в Томской области наблюдается положительная тенденция (рис. 3). Однако следует отметить, что данные экономические показатели Томской области по-прежнему значительно отстают от общероссийского уровня и тем более уровня наиболее преуспевающих регионов РФ, таких как Москва, Краснодар, Татарстан и др. [6]. Ввиду того что официальная статистика не учитывает реальную инфляцию, рост цен и тарифов, индекс доходности, вероятно, увеличится при расчете более актуального (2014–2015 гг.) ИЧР Томской области. Однако фактически это не отразит реальную экономическую ситуацию, неразрывно связанную с качеством жизни населения региона.

Таким образом, на основании проведенного исследования возможно сделать следующие выводы в отношении ИЧР для Томской области.

1. Вероятность увеличения двух (индекс долголетия и индекс доходности) из трех составляющих ИЧР позволяет прогнозировать рост данного индекса в Томской области.

2. Учитывая относительность ИЧР как показателя благополучия, региону следует обратить внимание на показатель ИСП, его слабую сторону, касающуюся индекса доходов населения и неблагоприятную тенденцию в сфере образования.

Очевидно, что представленные прогнозы актуальны на период предоставления последних данных – 2013 год. Экономическая ситуация, сложившаяся в стране в 2014–2015 годах, может коренным образом изменить динамику показателя ИЧР.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научного проекта № 15-03-00366а.

Список литературы

1. ВИЧ-инфекция в Российской Федерации на 1 мая 2015 г. // Сайт ГКУЗ ПК «Пермский краевой центр по профилактике и борьбе со СПИД и инфекционными заболеваниями» URL: <http://aids-centr.perm.ru/Статистика/ВИЧ/СПИД-в-России> (Дата обращения 02.08.2015)
2. Доклад о развитии человека 2010. Реальное богатство народов: пути к развитию человека / пер. с англ.; ПРООН. – М.: Изд-во «Весь Мир», 2010. – 244 с.
3. Доклад о развитии человеческого потенциала в Российской Федерации 2004 / под общей редакцией: С.Н. Бобылева; ПРООН. – М.: Изд-во «Весь Мир», 2004. – 160 с.
4. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2013 г. / под общ. ред. С.Н. Бобылева; ПРООН. – М.: РА ИЛЬФ, 2013. – 202 с.
5. Лучшева В.В., Ткачук О.А. Расчет индекса человеческого потенциала для Ярославской области // Российский экономический интернет журнал. – 2010. – № 2. – URL: <http://bujet.ru/article/266021.php> (Дата обращения 05.08.2015)
6. Регионы России. Социально-экономические показатели / Федеральная служба государственной статистики. – URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_14p/Main.htm (Дата обращения 28.07.2015)

References

1. VICH-infektsiya v Rossiyskoy Federatsii na 1 maya 2015 g. [HIV infection in the Russian Federation on May 1, 2015], 2015 URL: <http://aids-centr.perm.ru/Статистика/ВИЧ/СПИД-в-России> (date: 08/02/15)

2. Doklad o razvitii cheloveka 2010. Realnoe bogatstvo narodov: puti k razvitiyu cheloveka. [Human Development Report 2010 The Real Wealth of Nations: Ways to Human Development], 2010, 244 p.

3. Doklad o razvitii chelovecheskogo potentsiala v Rossiyskoy Federacii 2004 [Report of human development in the Russian Federation in 2004], 2004, 160 p.

4. Doklad o chelovecheskom razvitii v Rossiyskoy Federacii za 2013 g. [Human Development Report in the Russian Federation in 2013], 2013, 202 p.

5. Luchsheva V.V. Tkachuk O.A. Rasschet indeksa chelovecheskogo potentsiala dlya Yaroslavskoy oblasti [Calculation of the index of human development for the Yaroslavl Region], 2010. URL: <http://bujet.ru/article/266021.php> (date: 08/05/15)

6. Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazately [Regions of Russia. Socio-economic indicators], 2014. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_14p/Main.htm (date 28/07/2015)

Рецензенты:

Никулина И.Е., д.э.н., профессор, зав. кафедрой менеджмента, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск;

Иванкина Л.И., д.фил.н., профессор, профессор кафедры менеджмента, Институт социально-гуманитарных технологий, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск.

УДК 336.221.4

КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ КРЕСТЬЯНСКИХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

Потехина Е.Н., Гумарова Ф.З.

ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет», Йошкар-Ола, e-mail: vilor@mail.ru

Для принятия правильных управленческих решений необходимо иметь четкую и достоверную информацию, которая, как правило, формируется в финансовую отчетность и после предварительного анализа трансформируется в специфические формы с набором показателей, дающих ясную картину деятельности. Конкурентные преимущества крестьянских фермерских хозяйств формируются под воздействием ряда факторов. Сельскохозяйственные предприятия имеют свою специфику, связанную с климатическими условиями, кадровым потенциалом, зависимостью от переработки, а также налоговыми привилегиями. Рассмотрев основные способы налогообложения крестьянских фермерских хозяйств, применимые в Республике Марий Эл, авторы предлагают выбрать оптимальную систему учета, способствующую их эффективному развитию. Крестьянские фермерские хозяйства могут быть зарегистрированы как юридические лица либо как индивидуальные предприниматели. Возможно применение общей системы налогообложения, упрощенной системы налогообложения и единого сельскохозяйственного налога.

Ключевые слова: учет, отчетность, налогообложение, крестьянское хозяйство

COMPETITIVE ADVANTAGES OF TAXATION OF PEASANT FARMS IN THE REPUBLIC OF MARI EL

Potekhina E.N., Gumarova F.Z.

FSBI HPE «Mari State University», Yoshkar-Ola, e-mail: vilor@mail.ru

Precise and reliable data is the main factor for proper management decision making process. After preliminary analysis this data is also used for special forms for financial reporting which indicators shows clear overview of all business. Agricultural enterprises specifics is closely connected with climate conditions, human resources, dependence from subsequent processing and tax privileges. Having considered the main ways of taxation for farmers, applicable in the Republic of Mari El, it is proposed to choose the optimal accounting system, contributing to their effective development. Peasant farms can be registered as legal entities or as individual entrepreneurs. You can use the common system of taxation, simplified tax system and unified agricultural tax.

Keywords: accounting, reporting, taxation, peasant farming

Актуальность развития крестьянских фермерских хозяйств продиктована возросшей необходимостью в сельскохозяйственной продукции как внутри республики, так и за ее пределами. Развитие любого предприятия неизбежно сталкивается с проблемой оптимизации налогового бремени.

Материалы и методы исследования

Рассмотрены и сопоставлены основные способы налогообложения крестьянских фермерских хозяйств, изучены существующие возможности применения спецрежимов и использования льгот. В Республике Марий Эл с 18 июня 2015 года начались налоговые каникулы. Возможность предоставления налоговых каникул в Марий Эл дана ИП, зарегистрированным впервые после вступления закона в силу и применяющим патентную систему налогообложения или УСН по определенным видам деятельности. Все законодательные инициативы должны способствовать развитию и конкурентоспособности малого бизнеса и фермерским хозяйствам в частности.

Результаты исследования и их обсуждение

В Республике Марий Эл по итогам развития агропромышленного комплекса за

2001–2014 годы наблюдается прирост валовой продукции сельского хозяйства на 78%, в том числе в сельскохозяйственных организациях – 3,4 раза. Самообеспеченность региона основными продуктами питания за 2014 год составила: по мясу и мясопродуктам – 257,4, картофелю – 154,8, овощам – 136,8%. Объем инвестиций в основной капитал составил 51,2 млрд рублей, создано более 5 тыс. рабочих мест [4]. По данным министерства сельского хозяйства Республики Марий Эл по итогам 2015 года должно войти в тройку лучших регионов России по производству мяса птицы на душу населения. Продукция, выпускаемая в Марий Эл, известна далеко за ее пределами, осуществляются поставки мяса птицы на экспорт. В перспективных планах осуществление дальнейшего развития фермерских хозяйств, малого и среднего бизнеса [6].

Одной из возможностей поддержания конкурентоспособности сельскохозяйственных товаропроизводителей является выбор оптимальной системы налогообложения, способствующей сбалансированному росту и развитию предприятия.

Порядок начисления и уплаты налогов зависит от формы ведения деятельности крестьянского фермерского хозяйства (КФХ). Члены КФХ могут зарегистрировать организацию, а могут просто заключить соглашение о создании КФХ и согласно статье 23 Гражданского кодекса РФ этого будет достаточно для регистрации главы КФХ как предпринимателя.

Если КФХ зарегистрировано как организация, оно может применять: общую систему налогообложения; упрощенную систему налогообложения; ЕСХН.

При общей системе налогообложения КФХ уплачивает: НДС; налог на имущество (при наличии облагаемых объектов); земельный налог (при наличии облагаемых объектов и если в местности, в которой осуществляет деятельность КФХ, для него нет льгот по этому налогу); транспортный налог (при наличии облагаемых объектов); НДФЛ (как налоговый агент).

Согласно ст. 246 НК РФ КФХ не освобождены от налога на прибыль, при соблюдении определенных условий этот налог им платить не придется. В частности, для сельхозтоваропроизводителей, которые не перешли на ЕСХН, установлена пониженная ставка – 0%. Эту ставку можно применять по деятельности, связанной с реализацией произведенной сельскохозяйственной продукции, а также с реализацией произведенной и переработанной собственной сельскохозяйственной продукции [1].

При расчете и уплате НДФЛ также существуют некоторые особенности. Так, с доходов, полученных членами КФХ (включая его главу) от производства (переработки) и реализации сельхозпродукции, в течение пяти лет, считая с года регистрации КФХ, НДФЛ платить не нужно. Такую льготу можно применять к доходам члена КФХ только в том случае, если он ею пользуется впервые и ранее не применял. Льгота положена по умолчанию, то есть каких-либо заявлений (уведомлений) не требуется. По истечении пяти лет с этих доходов, а также изначально с других доходов членов КФХ и наемных сотрудников его глава платит НДФЛ как налоговый агент в общем порядке. Это значительно упрощает налоговое администрирование по данному налогу и снижает налоговую нагрузку в целом.

Согласно статьям 143, 226, 373, 357, 388 Налогового кодекса РФ остальные налоги (НДС, налог на имущество, земельный и транспортный налоги) КФХ платит в общем порядке. При применении КФХ упрощенной системы налогообложения, расчеты и уплата налогов происходят в общем

порядке, каких-либо особенностей налогообложения на этом режиме у КФХ нет.

Однако, существует ряд возможностей, когда у КФХ на упрощенной системе налогообложения с объектом «доходы» возникает возможность уменьшить единый налог на всю сумму обязательных страховых взносов за главу и за всех членов КФХ без ограничения в 50%, при этом КФХ может воспользоваться данной возможностью, но только в том случае, если не применяется наемный труд. Причем это касается как КФХ, зарегистрированного как организация, так и КФХ без регистрации юридического лица. Независимо от того, в какой форме зарегистрировано КФХ – как организация или без образования таковой, страховые взносы на обязательное пенсионное (социальное, медицинское) страхование платит всегда глава КФХ. В данном случае закон приравнивает его к индивидуальному предпринимателю.

Глава КФХ уплачивает обязательные страховые взносы за себя и членов хозяйства в фиксированном размере. Такой порядок установлен в пункте 3 статьи 2 и пункте 2 статьи 14 Закона от 24 июля 2009 г. № 212-ФЗ.

Основываясь на этих положениях, Минфин России в письме от 22 декабря 2014 г. № 03-11-06/2/66200 тоже для целей упрощенной системы налогообложения приравнял КФХ к предпринимателям. То есть КФХ без наемного персонала уменьшить единый налог может на всю сумму страховых взносов, уплаченных за главу КФХ и его членов. Ограничение в 50% к ним не относится [2].

Общий порядок уплаты налогов предусмотрен при применении КФХ системы налогообложения ЕСХН.

Если КФХ не зарегистрировано как организация, это значит, что его глава ведет деятельность как предприниматель. В данном случае, согласно положениям глав 25, 26.1, 26.2 Налогового кодекса РФ он может применять: общую систему налогообложения; упрощенную систему налогообложения; ЕСХН.

Если глава КФХ применяет общую систему налогообложения, то он уплачивает: НДФЛ; НДС; земельный налог, если в местности, в которой осуществляет деятельность КФХ, нет льгот по этому налогу; транспортный налог. Аналогичный порядок уплаты НДФЛ имеет КФХ при регистрации без образования юридического лица. В данном случае исключением являются бюджетные субсидии и гранты, полученные на создание и развитие КФХ, бытовое обустройство начинающего фермера, развитие семейной животноводческой фермы, которые не включают в налоговую базу по НДФЛ. Глава КФХ как предприниматель может привлекать наемных сотрудников по

трудовым договорам. С их доходов он платит НДФЛ как налоговый агент в общем порядке [1].

Если глава КФХ применяет упрощенную систему налогообложения, то каких-либо особенностей его налогообложения на этом спецрежиме нет. Поэтому как предприниматель он рассчитывает налоги в общем порядке. Главы КФХ на ЕСХН налоги уплачивают в общем порядке, также как предприниматели на этом спецрежиме.

Независимо от того, в какой форме зарегистрировано КФХ – как организация или без образования таковой, страховые взносы на обязательное пенсионное (социальное, медицинское) страхование платит всегда глава КФХ в том порядке, который установлен для индивидуальных предпринимателей. При этом существует различный порядок расчета и уплаты взносов: за членов КФХ и с выплат наемным работникам. С выплат наемным сотрудникам главе КФХ предстоит платить страховые взносы от несчастных случаев и профзаболеваний. Взносы на обязательное пенсионное и медицинское страхование за членов КФХ его глава платит в фиксированном размере. Порядок применения данного правила не зависит от того, есть наемный персонал или нет. Если член КФХ относится одновременно к нескольким категориям, он уплачивает взносы по каждому основанию. Каждый член КФХ будет платить за себя взносы в фиксированном размере как предприниматель, а глава КФХ должен уплачивать взносы за него по второму основанию – как за члена КФХ.

Взносы на социальное страхование в ФСС России (на случай временной нетрудоспособности и в связи с материнством) платить не нужно. Вместе с тем застраховаться и уплачивать их можно в добровольном порядке. Так, за 2015 год взносы на одного члена КФХ составят: на обязательное пенсионное страхование – 18 610,80 руб.; на обязательное медицинское страхование – 3650,58 руб.; на добровольное социальное страхование – 2075,82 руб. [2].

Немаловажным остается вопрос налогообложения, связанный с применением правила расчета взносов, при котором предприниматель, доход которого превысил 300 000 руб., при расчете взносов на собственное страхование должен включить в расчет 1 % от дохода, превышающего эту сумму. И формально, в рамках законодательства о страховых взносах к индивидуальным предпринимателям относят и глав крестьянских (фермерских) хозяйств. Но вместе с тем для глав КФХ установлен от-

дельный порядок расчета страховых взносов, не предполагает увеличения взноса исходя из полученного дохода. Специальная норма имеет приоритет над общей. Поэтому главам КФХ, которые зарегистрированы в качестве предпринимателя, дополнительно платить пенсионные взносы с дохода свыше 300 000 руб. не нужно [3].

Если глава КФХ – индивидуальный предприниматель, ведет также деятельность вне рамок хозяйства, то и взносы он должен платить сразу по двум основаниям: как глава крестьянского (фермерского) хозяйства; как индивидуальный предприниматель. В таком случае платить дополнительные суммы пенсионных взносов с дохода свыше 300 000 руб. уже нужно – по второму основанию. Если КФХ имеет наемных сотрудников, то с выплат им глава хозяйства рассчитывает взносы как предприниматель, производящий выплаты физическим лицам. Поэтому с выплат наемному персоналу рассчитывает взносы как организация. А вот с выплат наемным сотрудникам главе КФХ необходимо будет еще платить и страховые взносы от несчастных случаев и профзаболеваний. То есть с выплат сотрудникам, нанятым по трудовому договору, – обязательно, а по гражданско-правовому договору – если такая обязанность зафиксирована в договоре [2].

Заключение

Детальное рассмотрение налогообложения КФХ необходимо в связи с большими штрафами в случае неисполнения требований законодательства. При этом при всей простоте налогообложения КФХ и возможностей применения льгот часто встречаются ситуации с допущением банальных ошибок в расчетах, что приводит к штрафным мероприятиям. Обременительным, как и для других предпринимателей, остаются платежи с заработной платы, что увеличивает налоговую нагрузку на КФХ в целом и не способствует его конкурентоспособности на рынке. При этом у КФХ гораздо меньше возможностей в части кредитования, реализации и сбыта своей продукции, привлечения инвесторов и гарантий. На сегодняшний день становится актуальным развитие малого предпринимательства в сельском хозяйстве. При этом необходимо отметить возможности государственной поддержки и возможности компенсаций по получаемым затратам. Существует ряд программ, принятых на федеральном и региональных уровнях, которые дают возможность малому бизнесу развиваться и быть конкурентоспособным [5]. При

этом немаловажной остается грамотно выбранная система налогообложения, учитывающая все нюансы конкретного сельхозтоваропроизводителя, способствующая эффективному развитию КФХ и снижению его налоговой нагрузки. Представители малого бизнеса и КФХ в частности, не всегда имеют достаточно квалифицированных работников в области учета и налогообложения, поэтому одним из путей решения является передача данных функций внешним специализирующимся в данной области организациям, что обеспечит снижение затрат на ведение учета и возможность применения всех преимуществ налогообложения.

Исследование выполнено в рамках реализации гранта РГНФ № 14-12-12001.

Список литературы

1. Налоговый кодекс Российской Федерации (в редакции от 1 января 2015 г.) // <http://www.consultant.ru>.
2. Федеральный закон от 24.07.2009 № 212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования» // <http://www.consultant.ru>.
3. Федеральный закон от 6 декабря 2011 г. № 402-ФЗ «О бухгалтерском учете» // <http://www.consultant.ru>.
4. Об итогах развития агропромышленного комплекса Республики Марий Эл с 2001 по 2014 год и задачах на период до 2020 года // http://mari-el.gov.ru/minselhoz/Pages/20150904_1118.aspx.
5. Потехина Е.Н. Проблемы и пути совершенствования учета на малых предприятиях // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 9–6. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-puti-sovershenstvovaniya-ucheta-na-malyh-predpriyatiyah> (дата обращения: 01.10.2015).

6. Царегородцев Е.И., Лежнина М.В., Метельская Л.М. Адаптивное управление сельскохозяйственным производством // *Совершенствование управления отраслями АПК: научно-практическая конференция*. – Йошкар-Ола: МарГУ, 1995. – С. 83–84.

References

1. Nalogovyy kodeks Rossijskoj Federacii (v redakcii ot 1 janvarja 2015 g.) // <http://www.consultant.ru>.
2. Federalnyj zakon ot 24.07.2009 no. 212-FZ «O strahovyh vzosah v Pensionnyj fond Rossijskoj Federacii, Fond socialnogo strahovanija Rossijskoj Federacii, Federalnyj fond objazatel'nogo medicinskogo strahovanija» // <http://www.consultant.ru>.
3. Federalnyj zakon ot 6 dekabnja 2011 g. no. 402-FZ «O buhgalterskom uchete» // <http://www.consultant.ru>.
4. Ob itogah razvitija agropromyshlennogo kompleksa Respubliki Marij Jel s 2001 po 2014 god i zadachah na period do 2020 goda // http://mari-el.gov.ru/minselhoz/Pages/20150904_1118.aspx.
5. Potehina E.N. Problemy i puti sovershenstvovaniya ucheta na malyh predpriyatijah // *Fundamentalnye issledovaniya*. 2014. no. 9–6. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-puti-sovershenstvovaniya-ucheta-na-malyh-predpriyatiyah> (data obrashhenija: 01.10.2015).
6. Caregorodcev E.I., Lezhnina M.V., Metelskaja L.M. Adaptivnoe upravlenie selskohozjajstvennym proizvodstvom // *Sovershenstvovanie upravlenija otrasljami APK: nauchno-prakticheskaja konferencija*. – Joshkar-Ola: MarGU, 1995. pp. 83–84.

Рецензенты:

Смирнов А.А., д.э.н., профессор кафедры «Управление малым и средним бизнесом», Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола;

Царегородцев Е.И., д.э.н., профессор кафедры «Экономика и финансы», Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола.

УДК 33.2064

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КРЕДИТОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Топсахалова Ф.М.-Г., Урусова А.Б.

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный экономический университет»,
Черкесск, e-mail: fatima-topsahalova@yandex.ru

Кредитные операции являются рисковыми, высокодоходными операциями банка, относятся к доходным активам, которые необходимо рассматривать вместе с ликвидными активами. Ссудные операции приносят банкам основную часть их доходов. За счет кредитных операций формируется основная часть чистой прибыли, отчисляемой в резервные фонды и идущей на выплату дивидендов. Кредитная деятельность – один из важнейших, конституирующих само понятие банка признаков. Уровень организации кредитного процесса – едва ли не лучший показатель вообще всей работы банка и качества его менеджмента. В частности успешное осуществление кредитных операций ведет к получению основных доходов, способствует повышению надежности и устойчивости банков, а неудачам в кредитовании сопутствует разорение и банкротство. Кроме того, банки призваны аккумулировать собственные и привлеченные ресурсы для кредитования инвестиций в развитие экономики страны. Банковский кредит – кредит, предоставляемый физическим лицам для удовлетворения их потребностей в денежных средствах. Потребительский кредит – это кредит, предоставляемый банком на приобретение товаров (работ, услуг) для личных, бытовых и иных непроизводственных нужд.

Ключевые слова: кредит, услуги, развитие, распространение, институты, ссуды, прибыль, ликвидность, безопасность, дивиденды

THEORETICAL FOUNDATIONS OF LENDING TO INDIVIDUALS AND THEIR ECONOMIC SECURITY

Topsakhalova F.M.-G., Urusova A.B.

Federal State Budgetary Educational Institution of higher professional education
Rostov State Economic University, Cherkessk, e-mail: fatima-topsahalova@yandex.ru

Credit operations are risky, higher-yielding Bank's operations are profitable assets that need to be considered together with liquid assets. Loan operations bring banks for the bulk of their income. Credit operations formed the majority of the net profits will be added to the reserve funds and the payment of dividends. Credit activity is one of the most important, constituting the notion of the Bank signs. The level of organization of the credit process – perhaps the best indicator of all of the Bank's work in General and the quality of its management. The successful implementation of credit operations leads to the main source of revenues, contributes to the reliability and stability of the banks, and failures in lending is accompanied by the ruin and bankruptcy. In addition, banks are designed to augment their own and borrowed resources for lending to investment in the economic development of the country. Bank loan – a loan offered to individuals to meet their cash requirements. Consumer loan – a loan provided by the Bank for the purchase of goods (works, services) for personal, domestic and other non-production needs.

Keywords: credit, services, development, distribution, institutions, loans, profit, liquidity, security, dividends

Кредит – доверие, которым пользуется данное лицо, общество или государство в имущественном отношении. Конечно, экономическое понятие кредита намного объемнее и сложнее, но именно доверие является основой кредитных отношений.

Кредитование – традиционный вид предоставляемых банком услуг. С каждым годом оно получает все большее развитие и распространение. Неслучайно банк называется кредитным институтом. Наибольшая часть активов банков по-прежнему помещена в кредитные операции [1].

Кредитные операции являются рисковыми, высокодоходными операциями банка, относятся к доходным активам, которые необходимо рассматривать вместе с ликвидными активами. Ссудные операции приносят банкам основную часть их доходов.

За счет кредитных операций формируется основная часть чистой прибыли, отчисляемой в резервные фонды и идущей на выплату дивидендов [4].

Кредитная деятельность – один из важнейших, конституирующих само понятие банка признаков. Уровень организации кредитного процесса – едва ли не лучший показатель вообще всей работы банка и качества его менеджмента в частности.

Успешное осуществление кредитных операций ведет к получению основных доходов, способствует повышению надежности и устойчивости банков, а неудачам в кредитовании сопутствует разорение и банкротство. Кроме того, банки призваны аккумулировать собственные и привлеченные ресурсы для кредитования инвестиций в развитие экономики страны.

Банковский кредит – кредит, предоставляемый физическим лицам для удовлетворения их потребностей в денежных средствах.

Потребительский кредит – это кредит, предоставляемый банком на приобретение товаров (работ, услуг) для личных, бытовых и иных непроизводственных нужд [4].

На сегодняшний день существует ряд трактовок понятия кредита, но унифицированным в них считается определение кредита как сделки юридических и физических лиц о предоставлении одной стороной другой определенной суммы денежных средств (иногда имущества) на условиях платности, возвратности и срочности. Эти условия и являются основными принципами кредитования. Принципы кредитования – принципы, на основе которых принято предоставлять кредит заемщику. Определяющими принципами кредитования являются также обеспеченность кредита, дифференциация кредитов (кредитоспособность заемщика), целевое назначение.

Возвратность – принцип финансовых, денежных отношений, согласно которому кредитные средства, полученные заемщиком во временное пользование, подлежат обязательному и своевременному возврату кредитору, владельцу средств.

Платность – принцип, выражающий необходимость не только прямого возврата заемщиком полученных кредитных ресурсов, но и оплаты их использования.

Срочность кредита – соблюдение сроков возврата кредитных средств, полученных заемщиком.

Дифференциация кредитов – принцип, определяющий дифференцированный подход со стороны кредитной организации к различным категориям потенциальных заемщиков. Практическая реализация его может зависеть как от индивидуальных интересов конкретного банка, так и от проводимой государством централизованной политики поддержки отдельных отраслей или сфер деятельности.

Принцип обеспеченности кредита выражает необходимость обеспечения защиты имущественных интересов кредитора при возможном нарушении заемщиком принятых на себя обязательств и находит практическое выражение в таких формах кредитования, как ссуды под залог или под финансовые гарантии.

Принцип целевого назначения распространяется на большинство видов кредитных операций, выражая необходимость целевого использования средств, полученных от кредитора. Находит практическое выражение в соответствующем разделе кредитного договора, устанавливающего

конкретную цель выдаваемой ссуды, а также в процессе банковского контроля за соблюдением этого условия заемщиком. Нарушение данного обязательства может стать основанием для досрочного отзыва кредита или введения штрафного (повышенного) ссудного процента [3].

Субъектами кредитных отношений выступают кредитор и заемщик. Кредитор – субъект (юридическое или физическое лицо), предоставляющий ссуду и имеющий право на этой основе требовать от дебитора ее возврата или исполнения других обязательств. Заемщик – получатель кредита, принимающий на себя обязательство, гарантирующий возвращение полученных средств, оплату предоставленного кредита. Кредитор и заемщик являются элементами структуры кредита.

Помимо кредиторов и заемщиков, элементом структуры кредитных отношений является объект передачи – то, что передается от кредитора к заемщику и что совершает свой обратный путь от заемщика к кредитору. Объектом передачи выступает ссуженная стоимость как особая часть стоимости. Прежде всего, она представляет собой своеобразную нереализованную стоимость [5].

Высвободившаяся стоимость, оседающая у одного из субъектов кредитных отношений, характеризует замедление ее движения, невозможность в данный момент вступить в новый хозяйственный цикл. Благодаря кредиту стоимость, временно остановившаяся в своем движении, продолжает путь, переходя к новому владельцу, у которого обозначилась потребность в ее использовании на нужды производства и обращения [2].

Кредитная политика банков предусматривает выдачу кредитов юридическим и физическим лицам. Зачастую кредиты, выдаваемые физическим лицам, называют потребительскими.

Потребительскими ссудами в нашей стране признаются ссуды, предоставляемые населению. При этом потребительский характер ссуд определяется целью (объектом кредитования) предоставления ссуды. Именно в целевом характере заключается основная особенность кредитования физических лиц.

В России к потребительским ссудам относят любые виды ссуд, предоставляемых населению, в том числе ссуды на приобретение товаров длительного пользования, ипотечные ссуды, ссуды на неотложные нужды и прочие. В отличие от российской трактовки потребительские ссуды в западной банковской практике определяют несколько иначе, а именно: потребительскими

называют ссуды, предоставляемые частным заемщикам для приобретения потребительских товаров и оплаты соответствующих услуг [4].

Классификация потребительских ссуд заемщиков и объектов кредитования может быть проведена по ряду признаков (таблица), в том числе по типу заемщика, видам обеспечения, срокам погашения, методам погашения, целевому направлению использования, объектам кредитования, объему и так далее.

Также можно выделить ссуды с льготным периодом погашения и без льготного периода.

В целом представленная выше классификация отражает многообразие потребительских ссуд, но не исчерпывает всех возможных критериев классификации, поэтому ее можно продолжить в зависимости от других признаков.

Следует отметить, что Министерство финансов РФ разработало законопроект о потребительском кредитовании. Законо-

проект направлен, прежде всего, на защиту кредитных прав потребителей, которым предоставлен ряд важных гарантий:

- право на достоверную и полную информацию об условиях кредитования;
- право в одностороннем порядке прекращать кредитный договор без применения санкций;
- право выплачивать кредит досрочно с уплатой процентов только за срок его фактического использования.

Законопроект также устанавливает ответственность потребителя в случае нарушения им условий кредитного договора, в том числе за нецелевое использование кредита.

Процесс кредитования, в частности кредитования физических лиц, условно можно разделить на несколько этапов. Среди них: подготовительный этап, этап рассмотрения кредитного проекта, этап оформления кредитной документации, этап использования кредита и последующего контроля в процессе кредитования.

Виды потребительских кредитов

Классификационный признак	Виды потребительского кредита
По направлениям использования (объектам кредитования)	На неотложные нужды. Под залог ценных бумаг. Строительство и приобретение жилья. Капитальный ремонт индивидуальных жилых домов, их газификацию и присоединение к сетям водопровода и канализации и др.
По субъектам кредитной сделки (по облику кредитора и заемщика)	Банковские потребительские ссуды. Ссуды, предоставляемые населению торговыми организациями. Потребительские ссуды кредитных учреждений небанковского типа (ломбарды, пункты проката, кассы взаимопомощи, кредитные кооперативы, строительные общества, пенсионные фонды и т.д.). Личные или частные потребительские ссуды, предоставляемые заемщикам непосредственно на предприятиях и в организациях, в которых они работают. Потребительские ссуды, предоставляемые заемщикам непосредственно на предприятиях
По срокам кредитования	Краткосрочные (сроком от 1 дня до 1 года). Среднесрочные (сроком от 1 года до 3–5 лет). Долгосрочные (сроком свыше 3–5 лет)
По способу предоставления	Целевые. Нецелевые
По обеспечению	Необеспеченные (бланковые). Обеспеченные (залогами, гарантиями, поручительствами, страхованием)
По методу погашения	Погашаемые единовременно. Ссуды с рассрочкой платежа
По методу взимания процентов	Ссуды с удержанием процентов на момент ее предоставления. Ссуды с уплатой процентов в момент погашения кредита. Ссуды с уплатой процентов равными взносами на протяжении всего срока пользования (ежеквартально, один раз в полугодие, по специально оговоренному графику)
По характеру кругооборота средств	Разовые. Возобновляемые (револьверные, ролloverные)

На подготовительном этапе изучаются возможности предоставления кредита. Вначале происходят переговоры между банком и клиентом. Инициатором кредитования чаще является клиент, обращающийся в банк с просьбой о получении кредита, после чего и происходят переговоры.

В процессе этих переговоров необходимо установить, насколько возможна выдача кредита в соответствии с текущей политикой кредитного учреждения, и выбрать тот вид кредита и метод кредитования, которые более всего подходят для данной кредитной сделки. Осуществить предварительный анализ риска возможной выдачи кредита, источники возврата ссуд и уплаты процентов за их использование и обеспечить оперативность проведения предварительного этапа, не затягивать решение банка о возможной выдаче кредита. Клиент должен понимать, что переговоры не дают оснований для окончательного вывода о возможности предоставления ссуды. В ходе этих переговоров клиенту сообщают, какие документы необходимо представить в банк для решения вопроса.

Вслед за переговорами и предварительным анализом наступает этап рассмотрения кредитного проекта на основе официально представляемых в банк документов. Неустойчивость экономической ситуации, инфляцией требуют от российских банков осторожности и опыта оценки кредитоспособности клиента, объекта кредитования и надежности обеспечения, качества залога и гарантий. Аналитическая часть этого этапа представляет собой чрезвычайно ответственную задачу.

Для получения кредита заемщик предоставляет банку следующие документы:

- 1) заявление;
- 2) паспорт или заменяющий его документ;
- 3) справки с места работы заемщика и поручителей о доходах и размере производимых удержаний (для пенсионеров – справку из органов социальной защиты населения);
- 4) паспорта (заменяющие их документы) поручителей и залогодателей;
- 5) для получения кредита свыше 5 тыс. долл. США или рублевого эквивалента этой суммы – справку из психоневрологического диспансера или водительское удостоверение (предъявляются);
- 6) другие документы при необходимости.

Срок рассмотрения вопроса о предоставлении кредита зависит от вида кредита и его суммы, но не должен превышать от момента предоставления полного пакета документов до принятия решения 15 кален-

дарных дней – по кредитам на неотложные нужды и 1 месяца – по кредитам на приобретение недвижимости.

Кредитный инспектор производит проверку предоставленных клиентом документов и сведений, указанных в документах и анкете; определяет платежеспособность клиента и максимально возможный размер кредита.

При проверке сведений кредитный инспектор выясняет с помощью единой базы данных кредитную историю заемщика и размер задолженности по ранее полученным кредитам. Пакет документов со своим заключением, завизированным руководителем подразделения, кредитный инспектор направляет управляющему отделением для принятия решения о предоставлении (отказе в предоставлении).

Управляющий отделением делает надпись на заявлении клиента о принятом им решении с указанием даты и возвращает документы кредитному инспектору. В остальных случаях кредитный инспектор готовит кредитную заявку в кредитный комитет отделения. Подготовка и рассмотрение вопроса на заседании комитета, а также оформление принятых решений осуществляются в соответствии с регламентом работы кредитного комитета.

Кредитный инспектор делает отметку о принятом управляющим или кредитным комитетом отделения или территориального банка решении в журнале регистрации заявлений (с указанием даты и номера протокола) и сообщает об этом решении заемщику. Одновременно с оформлением кредитного договора, графика погашения кредита и срочного обязательства кредитный инспектор оформляет также в зависимости от вида обеспечения: договор поручительства; залога; иные документы. На этапе использования кредита осуществляется наблюдение за кредитными операциями: соблюдением лимита кредитования (кредитной линии), целевым использованием кредита, уплатой ссудного процента, полнотой и своевременностью возврата ссуд.

Следует сказать о том, что проценты по кредитам, предоставленным физическим лицам, поступают в пользу банка – кредитора в размере и в порядке, предусмотренными кредитным договором. Проценты по кредиту начисляются банком на остаток задолженности по основному долгу, учитываемой на соответствующем лицевом счете, на начало операционного дня.

При неисполнении (ненадлежащем исполнении) клиентом-заемщиком обязательств по уплате процентов в установленный договором срок просроченная

задолженность по процентам в конце рабочего дня должна быть перенесена банком-кредитором на балансовые счета по учету просроченных процентов.

В этом случае начисление процентов по размещенным денежным средствам на балансе банка-кредитора производится на указанных балансовых счетах до даты отнесения ссудной задолженности ко 2-й и выше группам риска.

На этапе использования кредита не прерывается оперативный и традиционный анализ кредитоспособности клиента, при необходимости проводятся встречи, переговоры с ним, уточняются условия и сроки кредитования. На данной стадии осуществляется последующий контроль за движением кредита.

Особое внимание уделяется контролю за просроченными кредитами, за ссудами, длительное время не возвращаемыми банку. Совместно с клиентом банки разрабатывают меры экономической безопасности, способствующие возврату кредитов, решают вопросы об их пролонгации, при необходимости составляется новый кредитный договор, изыскиваются дополнительные гарантии, уточняется дальнейшая возможность кредитования неплатежеспособных клиентов.

Список литературы

1. Банковское дело: учебник / Г.Н. Белоглазова. – СПб.: Питер, 2012. – 384 с.
2. Белоглазова Г.Н. Банковское дело: учебник. – СПб.: Питер, 2012. – 384 с.
3. Всяких Ю.В. Денежно-кредитное регулирование: учебник. – Белгород: ИПК НИУ БелГУ, 2012. – 145 с.
4. Лаврушин О.И. Банковское дело: современная система кредитования: учебник. – М.: КНОРУС, 2009. – 548 с.
5. Топсahalова, Ф.М.-Г. Фондовые рынки: учебник. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2014. – 622 с.

References

1. Beloglazova G.N. Bankovskoe delo: uchebnik. SPb.: Piter, 2012. 384 p.
2. Beloglazova G.N. Bankovskoe delo: uchebnik. SPb.: Piter, 2012. 384 p.
3. Vsjakih Ju.V. Denezhno-kreditnoe regulirovanie: uchebnik. Belgorod: IPK NIU BelGU, 2012. 145 p.
4. Lavrushin O.I. Bankovskoe delo: sovremennaja sistema kreditovanija: uchebnik. – M.: KNORUS, 2009. 48 p.
5. Topsahalova, F.M.-G. Fondovye rynki: uchebnik. M.: Izdateľ'skij dom Akademii Estestvoznaniija, 2014. 622 p.

Рецензенты:

Этлухов О.О.-Г., д.э.н., профессор, Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия, г. Черкесск;

Чикатуева Л.А., д.э.н., профессор, Ростовский государственный экономический университет, г. Черкесск.

УДК 316.1

ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ РЫНКА ТРУДА

Хайруллина Н.Г.

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»

Минобрнауки России, Тюмень;

Тюменское высшее военно-инженерное командное училище (военный институт)

им. маршала инженерных войск А.И. Прошлякова Министерства обороны РФ,

Тюмень, e-mail: nursafa@inbox.ru

В статье анализируются результаты социологического исследования, проведенного среди жителей с целью анализа проблем занятости и безработицы на юге Тюменской области. В анкетном опросе участвовали безработные граждане городов юга области. Автором было опрошено 500 респондентов. Выявлено, что улучшение ситуации с занятостью в Тюменской области отметили около половины респондентов. Четверть опрошенных считают, что «положение не изменилось, осталось прежним». Негативное мнение высказал каждый шестой участник опроса. Среди причин, по которой респонденты остались без работы, оказались: увольнение по сокращению штатов, с закрытием предприятия или в связи с окончанием срока временного трудового договора. Результаты исследования позволили разработать рекомендации для совершенствования государственного регулирования рынка труда в Тюменской области.

Ключевые слова: труд, рынок труда, занятость населения, безработица, безработные граждане

STATE REGULATION OF THE LABOUR MARKET

Khayrullina N.G.

VPO «Tyumen State Oil and Gas University Ministry of Education of Russia», Tyumen;

Tyumen Higher Military Engineering Command School (Military Institute)

named Marshal of Engineering Troops A.I. Proshlyakova Ministry of Defense of the Russian Federation,

Tyumen, e-mail: nursafa@inbox.ru

The article analyzes the results of the survey conducted among the residents in order to analyze the problems of employment and unemployment in the south of the Tyumen region. The questionnaire was attended by unemployed citizens of the city south of the region. The author of the 500 respondents were interviewed. It was found that the improvement in the employment situation in the Tyumen region noted about half of the respondents. A quarter of those surveyed believe that «The situation has not changed, it has remained the same». Negative opinion was expressed by every sixth respondent. Among the reasons that respondents lost their jobs turned out: dismissal on grounds of redundancy, with the closure of the company or in connection with the termination of the temporary employment contract. Results of the study have allowed to develop recommendations for improving the state regulation of the labor market in the Tyumen region.

Keywords: labor, labor market, employment, unemployment, unemployed persons

Труд как экономическая категория органически встроена в систему социально-экономических отношений и способствует достижению экономического роста, улучшению показателей занятости, повышению уровня социально-политической стабильности, снижению социальной напряженности. При этом рынок труда, занимая важное место в системе рыночных отношений, сталкивает интересы трудоспособных людей и работодателей, представляющих государственные, муниципальные, общественные и частные организации.

Основой рынка труда является понятие занятости как совокупности действий, связанных с формированием способов воспроизводства трудоспособных групп населения в хозяйственную деятельность. Отношения занятости включают поиск работы и рабочей силы, порядок найма работников, условия и содержание труда, установление

уровня оплаты труда и соответствующих льгот, обучение и подготовку кадров, профессиональную мобильность [8].

Регулирование регионального рынка труда является сложной задачей для органов государственной власти, поскольку они зачастую ограничены имеющейся в их распоряжении информационной базой, состоящей исключительно из статистических показателей, в то же время личностные ожидания и предпочтения населения остаются неучтенными [5, 6, 7]. Сложившиеся ориентации, мнения населения обуславливают их реакции и поведение на рынке труда, но их изучению, как правило, не придается должного значения. Без внимания практически остаются такие важнейшие характеристики рынка труда, как общественное мнение безработных, инвалидов, пенсионеров, взгляды населения на предлагаемые государством меры воздействия на рынок труда

и т.п. [8]. Это актуализировало проведение социологического исследования с целью анализа проблем занятости и безработицы на юге Тюменской области. В анкетном опросе приняли участие 500 респондентов. Для опроса использовался целевой тип выборки с квотами по территориальному и половозрастному признаку.

Первоначально выявлялись настроения, доминирующие среди безработного населения Тюменской области, в целом они свидетельствуют об относительной стабильности настроений в среде безработных и отсутствии крайних проявлений пессимизма. Число уверенных в завтрашнем дне респондентов («вполне уверен в завтрашнем дне» 17,8% и «скорее уверен» (25,2%)) превышает количество выбравших позиции «пожалуй, не уверен» (25,4%) и «совершенно не уверен» (13,2%). Каждый шестой респондент (17,6%) не смог определить своего отношения к данному вопросу и выбрал вариант ответа «не могу сказать, уверен или нет», и лишь 0,8% не ответили на этот вопрос.

Анализ ответов на данный вопрос в зависимости от пола респондентов выявил следующие тенденции. В завтрашнем дне чаще уверены мужчины, чем женщины (51,0 и 33,1% соответственно). Как и следовало ожидать, женщины менее уверены в завтрашнем дне, чем мужчины (31,5 и 45,6% соответственно). При этом неуверенность в ответах – «не могу сказать, уверен или нет» – продемонстрировала каждая пятая женщина (20,0%), среди мужчин таких 15,5%.

Распределение ответов респондентов на вопрос «Чувствуете ли Вы уверенность в завтрашнем дне?» в зависимости от возраста позволило выявить следующие тенденции. Во-первых, чем старше респонденты, тем реже они проявляют уверенность в завтрашнем дне. Так, если в возрастной категории от 18 до 25 лет уверены в той или иной мере 61, % респондентов, в возрастной категории от 16 до 35 лет 40,8%, то среди респондентов, достигших 51 года и старше, таких только четверть опрошенных (24,9%). Соответственно среди молодых меньше неуверенных, а среди представителей старшего поколения их в два раза больше. Во-вторых, неуверенность в завтрашнем дне чаще испытывают респонденты более старших возрастных категорий.

В следующем вопросе респондентам было предложено несколько суждений, отражающих отношение к работе. Распределение ответов на этот вопрос оказалось достаточно предсказуемым, как и ожидалось, материальный стимул для безработных является основным: позицию «работа – прежде всего источник получения средств к су-

ществованию» выбрали более половины опрошенных респондентов – 61,4%. Примерно равное количество участников анкетного опроса выбрали позиции «работа для меня важна и интересна сама по себе, независимо от оплаты» и «работа для меня – не самое главное, в моей жизни есть вещи, значащие для меня гораздо больше, чем работа» – 14,0 и 14,6% соответственно. Всего для 3% респондентов работа – это «неприятная обязанность», а 7% затруднились с ответом на этот вопрос.

Важным моментом является мнение безработных по поводу изменения ситуации с занятостью в Тюменской области. Улучшение ситуации отметили 40,4% респондентов (позицию «стало значительно лучше» выбрали 10%, а «стало немного лучше, количество рабочих мест увеличилось» – 30,4%). Четверть опрошенных (24,8%) считают, что «положение не изменилось, осталось прежним». Негативное мнение высказал каждый шестой участник опроса (17,4%) («стало хуже, количество рабочих мест уменьшилось» – 12,6% и «стало значительно хуже, рабочих мест очень мало» – 4,8%).

Среди причин, по которым респонденты остались без работы, были указаны следующие: «уволители по сокращению штатов» – 20,4%, «уволители в связи с закрытием предприятия» – 12,6%, «в связи с окончанием срока временного трудового договора» – 11,4%. Реже остаются без работы молодые люди после армии и те, кто окончил учебное заведение (в совокупности 10%). Отметим, что в данном вопросе предполагался открытый вариант ответа, наиболее распространенным ответом был: наличие инвалидности, которая служит серьезным препятствием в трудоустройстве; чуть реже упоминался низкий уровень заработной платы на предыдущей работе; увольнение по причине беременности; плохие условия труда. В единичных случаях респонденты указывали на отсутствие в городе потребности в специальности, которую получил респондент; нарушения трудового законодательства со стороны работодателя, увольнения без объяснения причин.

Достаточно интересно выглядит распределение респондентов по времени поиска работы. Оказалось, что четверть опрошенных ищут работу более года (23,4%), в два раза реже упоминались такие позиции, как «от трех месяцев до полугода», «от полугода до девяти месяцев» и «от девяти месяцев до года». Доля тех, кто ищет работу относительно недолго («менее месяца» и «от месяца до трех») или работу не искал вообще, снова возрастает. На основании представленных данных можно сделать вывод о том,

что в службы занятости обращаются, как правило, люди, потерявшие работу «только что», и те, кто уже долго не может найти работу.

Основными каналами поиска работы, по мнению половины участников опроса, являются: служба занятости (53,4), по мнению каждого третьего опрошенного – обращение непосредственно на предприятие (32,8%), и обращение за помощью к друзьям, родным, знакомым (32,0%). В два раза меньшее число опрошенных следили за информацией о вакансиях, давали информацию о себе в соответствующие структуры. Необходимо отметить, что данный вопрос подразумевал множественные ответы, поэтому общий процент по столбцу более 100%.

Для выявления ценностных суждений респондентов о соотношении уровня заработной платы и гарантий, связанных с трудовой деятельностью, в анкету был включен специальный вопрос, предполагающий выбор суждений. Распределение ответов респондентов на этот вопрос показывает, что основной потребностью безработной категории граждан является стабильность. Вариант «иметь пусть небольшой, но твердый заработок» выбрала почти половина респондентов (48,2%). Чуть больше трети респондентов желают «много работать и хорошо зарабатывать, пусть даже без особых гарантий на будущее» – 31,4%. И только 6,4% респондентов выбрали позицию «иметь собственное дело, вести его на свой страх и риск».

В настоящее время образование является важнейшим каналом социальной мобильности в трудовой сфере. Именно образование позволяет приспосабливаться к динамично изменяющимся условиям на рынке труда, адаптироваться под запросы конкретного работодателя. Проведенный опрос показал, что большая часть безработных за последние три года вообще не получала профессиональную подготовку в какой-либо форме (63,2%). Данное обстоятельство говорит о необходимости совершенствования системы образования для безработного населения, пропаганды необходимости получения профобразования среди безработной категории граждан. Сказанное подтверждается ответами респондентов на вопрос анкеты «Что в большей степени способствует трудоустройству?». Четверть респондентов считают, что в большей степени способствует трудоустройству профессия, которая пользуется спросом на рынке труда (29%). Второе место в этом рейтинге занимает позиция «высокое качество знаний, полученных во время обучения» (10,8%). Таким образом, на рынке труда возникает ситуация, при которой безработные понимают необ-

ходимость наличия хорошей профессии, а соответственно, и качественного образования, но при этом по разным причинам не получают профобразования. Необходимо также отметить, что в ответах на данный вопрос достаточно большой рейтинг имеет позиция «личные связи», ее выбрал каждый шестой ответивший.

В отсутствие официальной работы чуть более третьей части опрошенных респондентов занимается домашним хозяйством (38,8%), каждый пятый (18,8%) перебиваются случайными заработками, а каждый десятый (12,4%) ничем не занимается, ожидая помощи от друзей и родственников. Анализируя ответы на данный вопрос, следует обратить внимание на достаточно низкую долю респондентов, занимающуюся общественной работой (2,4%). Возможно, это связано с низким предложением общественной работы безработным гражданам государственной службой занятости или низкой информированностью о таких работах.

С правами человека сегодня связаны многие общественные процессы и явления, их изучают с самых широких и разнообразных позиций в аспекте сущности и явления власти, принципов перестройки правовой системы, проведения социально-экономической и культурной политики и др. Посредством знаний о правах человека решаются ряд внутренних, международных и глобальных задач [1, 2, 3]. Права человека обнаруживают свое присутствие практически в каждой сфере жизнедеятельности человека и носят политико-юридический, этико-нравственный, духовно-психологический, воспитательно-педагогический характер [4].

Знание человеком своих прав является важным условием существования на рынке труда, который в настоящее время носит конкурентный характер. С целью выявления правовой грамотности в среде безработных юга Тюменской области в анкету был включен соответствующий блок вопросов.

Полученные данные подтверждают низкий уровень осведомленности о правах в среде безработных юга Тюменской области. На вопрос «Знаете ли Вы о своих правах человека, имеющего статус «безработный»?», каждый третий ответил отрицательно или указал на частичное знакомство с ними (35,0 и 38,2% соответственно) и лишь каждый пятый (21,4%) ответил на данный вопрос утвердительно.

Следующие несколько вопросов были призваны раскрыть уровень осведомленности респондентов о законодательной базе, регулирующей трудовые отношения, и отношение к ней. Оказалось, что не знакомы или частично знакомы с законодательными

нормами равное количество респондентов (39,0 и 40,8% соответственно), в совокупности они составляют почти 80%. Лишь каждый шестой (17,2%) указал, что знаком с нормами, а 3% не ответили на этот вопрос. Среди тех, кто оказался знаком с законодательством, полностью удовлетворены законодательными нормами и правилами лишь 5,6% респондентов, частично удовлетворены 29,4%. Затруднился с ответом на этот вопрос каждый третий респондент (32,6%).

Готовность пойти на переподготовку для получения специальности с гарантией последующего трудоустройства выразили почти половина ответивших (47,6%), отказались ее пройти в два раза меньшее число участников опроса (24,6%). Отметим, что каждый четвертый респондент (24,8%) затруднился с ответом на этот вопрос.

В следующем вопросе респондентам было предложено оценить качество работы государственных органов в области содействия занятости и социальной защиты безработных. Чуть более десяти процентов опрошенных оценили качество работы как «выше среднего» (14,6%), каждый десятый на второе место по популярности выбрал позицию «среднего уровня» (10,8), а 7% оценили качество как высокое. Низко оценили работу государственных служб занятости 10,8% – две позиции «не очень хорошее» и «низкое» выбрали 4,2 и 6,6% соответственно.

В заключение отметим, что проведенное социологическое исследование, направленное на изучение мнений жителей юга Тюменской области по вопросам занятости населения, позволило разработать рекомендации для совершенствования государственного регулирования рынка труда в Тюменской области.

Список литературы

1. Бахтизин Р.Н., Валиахметов Р.М., Галин Р.А., Хилажева Г.Ф., Илишева Н.К. Современные демографические процессы в республике Башкортостан // *Вестник Академии наук Республики Башкортостан*. – 2012. – Т. 17. – № 4. – С. 5–16.
2. Бахтизин Р.Н., Павлов С.В., Павлов А.С., Сайфутдинова Г.М. Создание инфраструктуры пространственных данных Республики Башкортостан на основе геоинформационных технологий / под общ. ред. А.М. Шаммазова. – Уфа, 2008.
3. Бахтизин Р.Н., Баширова Э.М., Миронова И.С. Разработка системы автоматизированного управления техниче-

ским состоянием технологического оборудования нефтегазовых производств // *Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья*. – 2011. – № 4. – С. 27–31.

4. Россия – Тюмень: векторы евразийского развития. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – 324 с.

5. Современный менеджмент и инновационная, научно-техническая политика. – Saint Louis, MO: «Publishing House Science Innovation Center». – 2013.

6. Социально-гуманитарные проблемы современности: личность и общество. Книга 2: монография / Н.Г. Хайруллина, А.К. Москатова, А.Г. Недосекина и др. – Saint-Louis, MO, USA: Publishing House Science and Innovation Center, 2013.

7. Факторы устойчивого развития регионов России: монография / Л.Х. Абазова, А.А. Авдеева, Е.В. Бобровская и др. / под общ. ред. С.С. Чернова. – Книга 17. – Новосибирск: Изд-во ЦРНС, 2014.

8. Хайруллина Н.Г. Государственное регулирование рынка труда: мнения экспертов // *Вестник Орловского государственного университета*. – 2014. – № 2.

References

1. Bahtizin R.N., Valiahmetov R.M., Galin R.A., Hila-zheva G.F., Ilisheva N.K. Sovremennye demograficheskie processy v respublike Bashkortostan // *Vestnik Akademii nauk Respubliki Bashkortostan*. 2012. T. 17. no. 4. pp. 5–16.
2. Bahtizin R.N., Pavlov S.V., Pavlov A.S., Sajfutdinova G.M. Sozdanie infrastruktury prostranstvennykh dannykh Respubliki Bashkortostan na osnove geoinformacionnykh tehnologij / pod obshh. red. A.M. Shammazova. Ufa, 2008.
3. Bahtizin R.N., Bashirova Je.M., Mironova I.S. Razrabotka sistemy avtomatizirovannogo upravlenija tehničeskim sostojaniem tehnologičeskogo oborudovanija neftegazovykh proizvodstv // *Transport i hranenie nefteproduktov i uglevododorodnogo syrja*. 2011. no. 4. pp. 27–31.
4. Rossiya Tjumen: vektory evrazijskogo razvitiija. Tjumen: TjumGNGU, 2015. 324 p.
5. Sovremennij menedzhment i innovacionnaja, nauchno-tehničeskaja politika. Saint Louis, MO: «Publishing House Science Innovation Center». 2013.
6. Socialno-gumanitarnye problemy sovremennosti: lichnost i obshhestvo. Kniga 2: monografija / N.G. Hajrullina, A.K. Moskatova, A.G. Nedosekina i dr. Saint-Louis, MO, USA: Publishing House Science and Innovation Center, 2013.
7. Faktory ustojchivogo razvitiija regionov Rossii: monografija / L.H. Abazova, A.A. Avdeeva, E.V. Bobrovskaja i dr. / pod obshh. red. S.S. Chernova. Kniga 17. Novosibirsk: Izd-vo CRNS, 2014.
8. Hajrullina N.G. Gosudarstvennoe regulirovanie rynka truda: mnienija jekspertov // *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2014. no. 2.

Рецензенты:

Руднева Л.Н., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой, ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень;

Силин А.Н., д.соц.н., профессор кафедры маркетинга и муниципального управления, ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.

УДК 336.027

НОРВЕЖСКАЯ СИСТЕМА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ: ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ФИНАНСИРОВАНИЯ

¹Цуцьева О.Т., ²Икоев В.Т.

¹Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова,
Владикавказ, e-mail: otsutsieva@mail.ru;

²European Master in Health Economics and Management, University, Oslo,
e-mail: vityalikoiev@gmail.com

В статье рассматривается норвежская система здравоохранения как пример успешного применения национальной страховой системы, активной поддержки со стороны государства для большинства категорий граждан при полной коммерциализации некоторых ее элементов. В частности, рассматриваются такие существенные характеристики системы здравоохранения Норвегии, как формы правовых и имущественных отношений между объектами из состава национальной системы здравоохранения; система обеспечения (доступа, предоставления) медицинской помощи (услуг, сервисов) населению; механизмы формирования финансовых ресурсов, формы и методы распределения финансовых потоков для обеспечения медицинской помощи (услуг, сервисов) населению; формы и методы контроля объема и качества медицинской помощи; механизмы стимулирования медицинских работников (производителей). В частности, проведен анализ государственных и частных источников дохода бюджета здравоохранения Норвегии. Достаточное внимание уделено Национальной системе страхования, Добровольному медицинскому страхованию, а также практике частных выплат в виде «потолка затрат» первого и второго уровней. Именно эта система доплат, по мнению авторов, может быть принята в России в рамках совершенствования механизма совместного несения расходов (и государства, и пациентов) на оплату медицинских услуг.

Ключевые слова: система здравоохранения, финансирование системы здравоохранения, общественная страховая система, публичный сектор здравоохранения, системы оплаты медуслуг

THE NORWEGIAN HEALTH CARE SYSTEM: FEATURES OF THE ORGANIZATION AND FINANCING

¹Tsutsieva O.T., ²Ikoiev V.T.

¹North Ossetian State University after K.L. Khetagurov, Vladikavkaz, e-mail: otsutsieva@gmail.com;

²European Master in Health Economics and Management (EU-HEM), University (UIO),
Oslo, e-mail: vityalikoiev@gmail.com

The article tackles the issue of the Norwegian health care system as an example of a successful use of the national insurance system, active support for the most categories of people from the government and the full commercialization of its certain elements. The essential characteristics of the systems are described particularly using the forms of the legal and proprietary relations between the objects forming the national health care system; the delivery of the health care services to the population; mechanisms of forming the financial resources, forms and methods distribution of financial flows for provision of the health care services for the population; methods of supervision of the volume and the quality of health care services; mechanisms of stimulating the employees and suppliers the health care system. In particular, the analysis of public and private sources of income of the Norwegian health budget is done. Sufficient attention is paid to the National Insurance Scheme, Voluntary Medical Insurance, as well as the practice of «out-of-pocket» payments forming the first and second «expenditure ceilings/egenandens». It is this system of co-payments, according to the authors, could be adopted in Russia in the framework of improving the cost-sharing arrangement (for both the state and patients) for paying for medical services.

Keywords: health care system, financing of the health care system, public insurance system, national insurance system, public health, public sector of health care, payment systems of health care (medical) services

Организационная структура системы здравоохранения Норвегии

Норвежскую систему здравоохранения можно охарактеризовать как семи-децентрализованную. Организационная структура норвежской системы здравоохранения строится на принципе равного доступа к услугам для всех жителей страны, независимо от их социального и экономического статуса, географического расположения. Этот принцип утвержден законодательно.

Норвежская система здравоохранения строится на трех основных уровнях: наци-

ональном/государственном, на уровне Региональных органов здравоохранения (РОЗ) и коммунальном (норв. kommuner) (рис. 1).

На национальном уровне парламент выступает в качестве политического органа, принимающего решения, касающихся здравоохранения. Управление генерального аудитора (Riksrevisjonen) является независимым агентством, которое выступает в качестве высшего органа финансового контроля и надзорного органа парламента. Его основными задачами являются мониторинг благосостояния населения и его управление

в соответствии с надлежащими финансовыми принципами, решениями и намерениями парламента. После Больничной реформы 2002 г. в Riksrevisjonen был создан отдел служб здравоохранения.

конопроекты, контролирует их выполнение и помогает Правительству в принятии соответствующих решений. Как владелец РОЗ, Министерство несет прямую ответственность за обеспечение специализированной



Рис. 1. Организационная структура системы здравоохранения Норвегии

Правительство принимает решения касательно общенациональных приоритетов, предлагает законопроекты и государственный бюджет, которые обсуждаются в парламенте. Каждый член парламента также является работником одного из 12 постоянных комитетов, и большинство предложений, представленных в парламенте, сначала подготавливаются одним из упомянутых комитетов. Постоянная комиссия по услугам здравоохранения отвечает за вопросы, связанные с медицинским обслуживанием, услугами по уходу за здоровьем, политикой касательно наркотиков и алкоголя, а также фармацевтических препаратов.

Основная ответственность за здравоохранение в Норвегии на национальном уровне лежит на Министерстве здравоохранения и социального обеспечения. Оно устанавливает национальную политику здравоохранения, готовит масштабные реформы и за-

помощи. Оно также осуществляет надзор за предоставлением всех других типов помощи, и их координацией.

Министерство труда косвенно вовлечено в систему здравоохранения, в основном через Администрацию труда и благосостояния (NAV), которая управляет различными схемами пособий в рамках национальной системы страхования, такими как отпуск по болезни и потере трудоспособности. С 2009 года Министерство здравоохранения и Директорат здравоохранения несут ответственность за медицинскую часть бюджета в национальной системе страхования. Эта часть бюджета находится в ведении Норвежской администрации экономики здравоохранения (HELFO) [1].

Региональные органы здравоохранения. Вся Норвегия делится на четыре региона с Региональными органами здравоохранения:

– Северная Норвегия (норв. HelseNord);

– Центральная Норвегия (норв. HelseMidt-Norge);
 – Западная Норвегия (норв. HelseVest);
 – Юго-Восточная Норвегия (норв. HelseSør-Øst) (в которой проживают около 55% населения).

В РОЗ несут ответственность за предоставление специализированной помощи, в том числе в соматических и психиатрических больницах, а также другие специализированные медицинские услуги: лабораторные и амбулаторные услуги, радиологию, а также специальный уход за людьми с наркотической и алкогольной зависимостью.

РОЗ владеют трастами здравоохранения. В настоящее время насчитывается 27 трастов здравоохранения, из которых 21 – больничные трасты, 4 – фармацевтические трасты, 1 – для предбольничных услуг и 1 – траст информационных технологий в Западной Норвегии.

Округа (норв. fylker) несут основную ответственность за обеспечение стоматологической медицинской помощи. Они также имеют некоторые обязанности в связи с общественным здравоохранением. В целом их роль в предоставлении услуг в области здравоохранения ограничена.

Коммуны (норв. kommuner) отвечают за предоставление и финансирование первичной медицинской помощи, в том числе услуг по реабилитации, физиотерапии и уходу за больными, а также мед. услуг в аварийных ситуациях. Они также несут ответственность за широкий спектр услуг, касающихся общественного здравоохранения и профилактических мер. За коммунами нет прямого контроля от вышестоящих органов, поэтому они имеют относительно большую свободу в организации услуг первичной медицинской помощи. Тем не менее некоторые обязанности были сохранены на центральном уровне, в основном для поддержания равного доступа к государственным услугам. Например, все решения, касающиеся оплаты услуг врачей общей практики, по-прежнему определяются правительством.

Несмотря на превалирование государственного сектора в здравоохранении Норвегии, несколько частных организаций также участвуют в предоставлении медицинских услуг. Их участие является более существенным на уровне первичной медицинской помощи.

Большинство врачей работают сами на себя, но в большинстве случаев они также полностью встроены в государственную систему здравоохранения заключение через договор с коммунами. Частные организации

играют незначительную роль в предоставлении специального ухода: менее 2% больничных коек находится в частных платных больницах (в рамках дневного стационара их доля немного выше). Другие услуги, предоставляемые платными учреждениями, включают в себя долгосрочный уход, некоторые вспомогательные услуги, такие как радиология и лабораторные услуги. Так, в 2010 году 80 и 60% направлений от врачей общей практики в радиологии и лабораторных услуг были сделаны в пользу платных учреждений.

К некоммерческим организациям, как правило, относятся больницы или учреждения, финансируемые и являющиеся неотъемлемой частью системы общественных медицинских услуг. К такому типу организаций относится, например, Диаколическое больничное учреждение в Осло, которое находится в собственности норвежской церкви.

Национальные планы здравоохранения, опубликованные впервые в 1980 году, являются ключевым инструментом стратегического планирования в секторе здравоохранения. Последний план был опубликован в 2011 году. В плане содержится текущее состояние медико-санитарной помощи системы, в том числе ключевых задач, также предлагаются цели и меры политики, направленные на их достижение. План рассчитан на 4 года, что значительно больше бюджетного плана, который составляется на 1 год. Результаты Национальных планов здравоохранения формально не оцениваются.

Особенности финансовой структуры национальной системы здравоохранения Норвегии

По статистике Всемирного Банка, показатель ВВП на душу населения Норвегии в 2013 году составил почти 101000 USD, что выше, чем в соседних Скандинавских странах, и значительно выше среднего показателя ЕС.

В 2013 году 9,6% от ВВП Норвегии составили расходы в области здравоохранения. Для сравнения, в США этот показатель составил 17,1% [12]. Вместе с тем следует отметить, что за последние 10–15 лет в доле расходов на здравоохранение в ВВП Норвегии происходили колебания от 8,4% в 1997 году до 10% в 2003 г. С середины 2000-х годов Норвегия потратила меньшую долю своего ВВП на здравоохранение, чем Дания, Швеция и ЕС в среднем. Учитывая, что Норвегия имеет один из самых высоких значений ВВП на душу населения в мире, то и расходы на здравоохранение на душу

населения в абсолютном выражении также выше, чем в большинстве стран [13].

Государственные источники составляют подавляющее большинство расходов на здравоохранение (почти 85%) и состоят из государственных трансфертов (73%) и взносов в национальную страховую систему (соц. обеспечение) (11%). Частные источники (в основном частные платежи «с кармана») составляют примерно 15% расходов на здравоохранение [8]. Стоит отметить, что соотношение долей между государственными и частными источниками доходов в здравоохранении было относительно стабильным с 1980 года.

Данные по расходам на здравоохранение в 2014 году по программам обслужи-

вания показывают, что на медицинскую помощь специалистов приходилось примерно 47% от общих расходов на здравоохранение, на долю долгосрочного ухода – 28%. Около 11% от общей суммы расходов было потрачено на медицинские товары, отпускаемые пациентам (т.е. фармацевтические препараты, медицинские приборы и оборудование) [5].

Сравнение расходов на различные услуги, являющиеся частью общих расходов, показывает, что поступления от частного финансирования используются, в большинстве случаев на фармацевтические препараты и другие медицинские товары кратковременного пользования, а также на амбулаторную медпомощь [5].

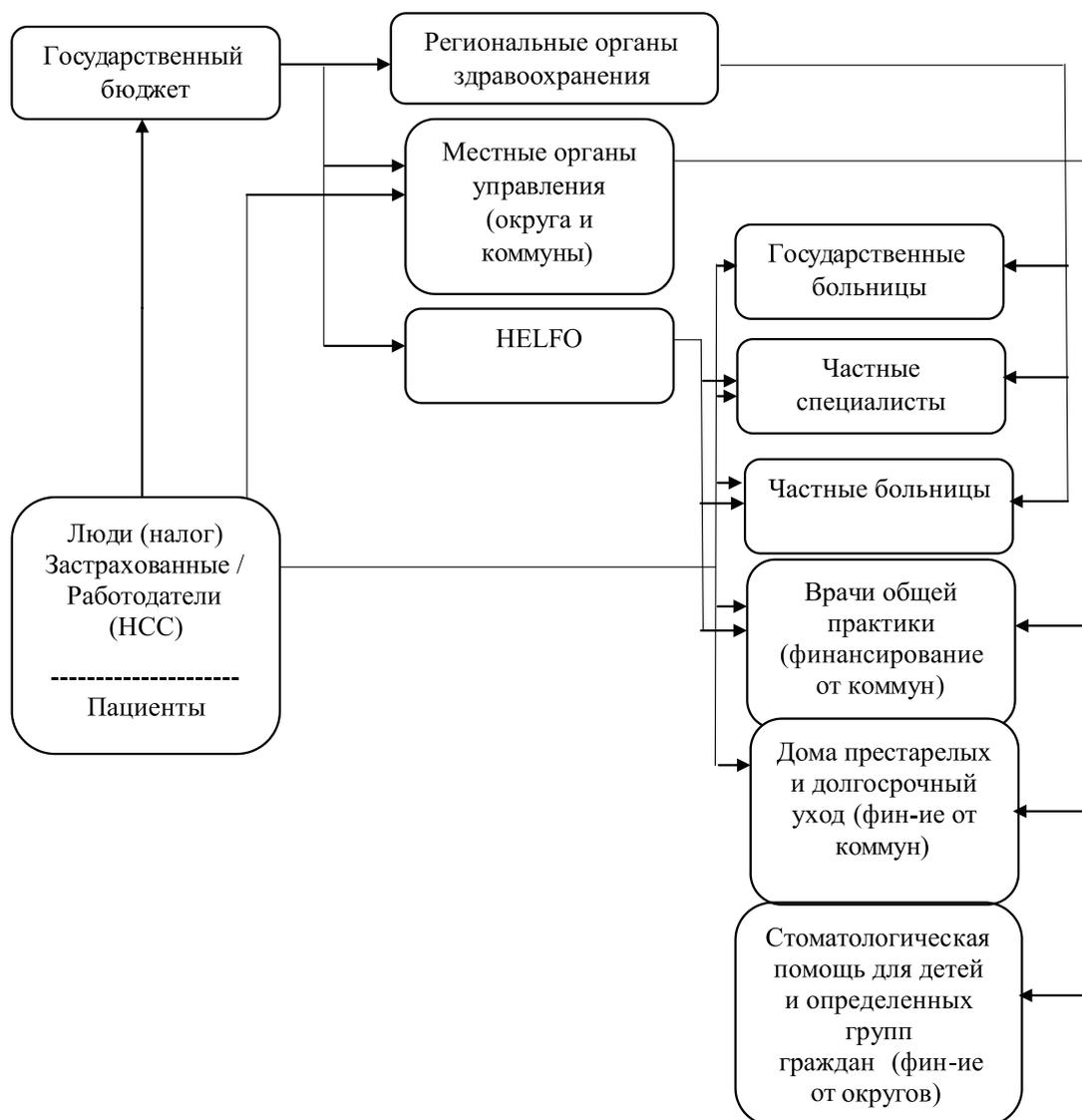


Рис. 2. Основные финансовые потоки в норвежской системе здравоохранения

Основными источниками доходов в здравоохранении являются:

- общая налоговая система;
- частные выплаты.

Налоги взимаются государством (государственные налоги составляют большинство налоговых поступлений), округами и коммунами. Часть общих налоговых поступлений составляют национальные страховые взносы, которые способствуют финансированию национальной системы страхования. Роль Добровольного медстрахования (ДМС) в финансировании медико-санитарной помощи незначительна.

Налоги собираются центральным правительством (около 86% от общего объема налоговых доходов), коммунами (12%) и округами (2%). Индекс налог/ВВП в 2014 году в Норвегии составил 40,8%, что немного выше, чем по ЕС в среднем, но ниже, чем в Дании (48,6%) и Швеции (42,8%).

По структуре налоговых доходов норвежская налоговая система характеризуется относительно высоким уровнем прямых налогов. В 2012 году на прямые налоги приходилось 72% от общего объема налоговых доходов, который состоял в основном из налога на прибыль физических лиц и компаний. Доходы от труда и пенсий облагаются налогом по прогрессивной ставке (с маргинальными налоговыми ставками, достигающими 55%). Налогом на прибыль не облагаются доходы ниже 50000 NOK в год [3]. Остальные виды доходов, как правило, облагаются налогом по единой ставке (например, доходы от капитала от частных лиц облагаются налогом по единой форме в размере 28%). Налоговая система для частных налогоплательщиков в целом является прогрессивной (то есть в среднем ставка налога увеличивается в соответствии с доходом). Высокий доход от налога для компаний включает в себя специальный налог на нефтяные доходы. Налог на богатство также имеет место быть, 0,85%, при доходе свыше 1 200 000 NOK. Косвенные налоги составили 28% от общего объема налоговых доходов в 2014 году и состояли в основном из НДС (28%), установленного на уровне 25%, акцизов (3%) и налогов на потребление, а также других налогов на продукты и производство [11].

Национальная система страхования (НСС) распространяется на все лица, которые являются резидентами Норвегии или работают в качестве наемных работников на постоянных или передвигных установках на норвежском континентальном шельфе. То же самое относится к лицам, проживающим на Шпицбергене и Ян Майен, работающим на норвежского

работодателя или застрахованным в соответствии с Законом о национальном страховании до окончания срока их пребывания в этих областях. Страхование также является обязательным для определенных категорий норвежских граждан, работающих за границей. Это право финансируется коммунами и закреплено Законом о коммунальном здравоохранении от 2011 г. Законом о специализированных услугах от 1999 и Законом о национальном страховании от 1997 года.

Взносы, выплачиваемые работниками, рассчитываются из валовой заработной платы и пенсионного дохода. В 2015 году ставки составляют: 8,2% для нанятых работников, 11,4% для работающих на самих себя и 5,1% для пенсионеров. Взносы физических лиц не учитываются в прибыли от налогообложения. Для участия в НСС на добровольной основе разработаны отдельные ставки.

В Норвегии нет утвержденного перечня услуг, которые покрываются госфинансированием. На практике система здравоохранения охватывает:

- отпускаемые по рецепту лекарства, а именно препараты, включенные в «синий список/blå resept», особый список лекарств, утвержденный Норвежским агентством медикаментов;
- профилактические услуги, включая: осмотры, скрининг и иммунизацию младенцев и детей школьного возраста; профилактические услуги по охране психического здоровья (в основном для детей и молодежи); инициативы в области здравоохранения или кампании по продвижению здорового образа жизни и уменьшение социального неравенства в здоровье (в зависимости от коммун);
- основной уход, в том числе услуги врачей общей практики, физиотерапевтов;
- специализированный амбулаторный и стационарный уход; однако некоторые процедуры, такие как пластические операции, должны быть необходимыми для пациента, чтобы воспользоваться правом на пользование государственной помощью;
- неотложная помощь, в том числе чрезвычайная помощь специалистов;
- медсестринский уход;
- стоматологическая помощь (в основном для детей и некоторых других групп);
- офтальмология (очки, как правило, включены).

Немедицинская и медицинская офтальмологическая помощь, стоматологическая помощь взрослым и комплементарная медицина не покрываются из государственных источников.

Кроме того, страховая система охватывает многие риски, связанные с потерей дохода. Лица, застрахованные в НСС, имеют право на пенсию, выплаты в случае потери кормильца и пенсии по инвалидности, основные преимущества и выгоды посещаемости в случае инвалидности, реабилитации или производственной травмы. Есть также льготы для одиноких родителей, денежные пособия в случае болезни, беременности и родов, усыновления или удочерения, безработицы, а также ритуальные пособия.

Частные выплаты. Большинство финансируемых государством медицинских услуг в Норвегии требует разделения затрат. Система совместного несения расходов в норвежской системе здравоохранения предусматривает, что частные выплаты пациентов составляют 15% от общих расходов. Тем не менее для некоторых типов услуг эта доля является более существенной. Стационарное лечение является единственным типом медицинских услуг, для которых не требуется никаких затрат со стороны пациента.

Максимальная сумма, до которой действует система доплат, была введена в начале 1980-х годов. При достижении «потолка затрат/egenandelstak» пациент освобождается от каких-либо выплат по лечению до конца календарного года. Egenandelstak устанавливается Парламентом ежегодно (2185 НОК в 2015 году) [10]. Эта сумма состоит из всех затрат на лечение врачами и психологами; важные (например, из «синего» списка) или дорогие лекарства; транспортные расходы, связанные с обследованием и лечением. Когда потолок достигнут, выдаётся особая карта, которая даёт право держателю на бесплатное лечение в течение оставшегося календарного года. Система доплат работает также и для детей в возрасте до 16 лет, если один из родителей достиг упомянутого «потолка затрат». В 2010 году почти 1,2 миллиона человек были охвачены схемой egenandelstak 1.

Существует второй «потолок затрат» (egenandelstak 2), согласно которому по услугам физиотерапии и стоматологического лечения у достигших его имеется право на возмещение расходов, платы за проживание в реабилитационных центрах, и лечение за рубежом. Этот потолок также устанавливается каждый год Парламентом (2670 НОК в 2015 году) [4]. К концу 2010 года 46 000 норвежцев получили покрытие затрат на медпомощь согласно схеме egenandelstak 2.

Egenandelstak 1 и egenandelstak 2 не связаны с доходами физических лиц – каждый платит ту же самую сумму, прежде чем данная карта предоставляется пациенту. Услуги

коммун, такие как уход на дому для престарелых и инвалидов и стационарная помощь для пожилых людей в домах, не включены в список услуг, учитываемых в схемах egenandelstak. Эти услуги социального ухода, как правило, подлежат значительным расходам из собственного кармана, 75–85% от личного дохода.

С 1 января 2003 г. те, кто получают минимальные пенсии или выплаты по инвалидности, могут получить основные необходимые лекарства и медсестринскую помощь по уходу бесплатно. Беременные женщины имеют право на бесплатные медицинские осмотры во время и после беременности. Лица, страдающие от определенных инфекционных заболеваний, включая ВИЧ / СПИД, могут получить бесплатную медицинскую помощь и лекарства. То же правило действует в случае производственной травмы или болезни.

На сегодняшний день, при обращении в неконтрактные медучреждения (частные больницы и клиники, не имеющие контракта с государством о совместном несении расходов) медуслуги оплачиваются полностью пациентом и не предусматривают распределение расходов. Однако с предстоящей в конце 2015 г. реформой ожидается увеличение участия частных больниц и клиник в системе описанного частичного субсидирования.

Добровольное медицинское страхование имеет незначительную долю в общем объеме финансирования здравоохранения Норвегии. Это объясняется тем, что все жители Норвегии являются частью общественной страховой системы. В основном этот вид страхования предоставляет более короткое время ожидания для определенных видов услуг, которые входят в список покрываемых основной страховкой, а также консультации врачей-специалистов. Именно короткие листы ожидания могут быть одной из главных причин приобретения частной страховки в Норвегии. В 2011 году около 5% норвежцев (300 тыс. чел.) были в листе ожидания. Стоит отметить, что в начале 2000-х эта цифра составляла около 30 тыс. человек. Однако с 2007 года часть выручки Общественной системы страхования начала идти на поддержку более быстрого доступа к услугам мед. учреждений для работающих граждан. Это в свою очередь уменьшило спрос на ДМС. Основными покупателями ДМС являются компании. Около 90% участников этой системы получают ДМС через своего работодателя. Поэтому групповые контракты очевидно доминируют в структуре видов контрактов, их в 10 раз больше, чем индивидуальных (23065 индивидуальных против 210944 групповых).

Услуги ДМС в Норвегии предоставляются 8 компаниями, все они являются частными коммерческими компаниями. Все, кроме одной, предоставляют широкий спектр страховых услуг помимо ДМС.

Частные страховщики не связаны с провайдерами медуслуг. ДМС предполагает доступ к получастным и частным клиникам и больницам. Только одна страховая компания предоставляет доступ как к частным, так и к общественным мед учреждениям по своей ДМС. Услуги, которые не покрываются системой довыплат, не входят в страховой список. То же касается и экстренных вызовов.

Кроме вышеперечисленных источников дохода существуют менее важные и намного меньшие по объему, такие как частные организации и физлица, выступающие с инициативами о покупке определенного оборудования или сбора денег на определенные мероприятия в рамках учреждений здравоохранения, проекты в области научной медицины, помощь и пожертвования добровольцев, поступления от благотворительных организаций.

Доля налоговых поступлений, используемых на цели здравоохранения, в 2014 году составила 17% от общего объема государственных расходов и в течение последних лет менялась незначительно [5].

Сумма, выделяемая на здравоохранение, формируется в бюджете Министерства здравоохранения, которое распределяет свой бюджет между РОЗ, коммунами, округами и HELFO, которые приобретают услуги от провайдеров медико-санитарной помощи. Для большинства видов помощи приобретение и предоставление медицинских услуг интегрированы, т.е. осуществляются одной организацией. Например, услуги по долгосрочному уходу находятся в собственности коммун и медицинский персонал, оказывающий медуслуги по долгосрочному уходу, нанимается также коммунами.

Средства для стационарной помощи выделяются четырём РОЗ путем сочетания блочных грантов и финансирования на основе оказанных услуг. В 2012 году на долю соматического ухода приходилось 60% подобного финансирования, а оставшиеся 40% финансирования шли от РОЗ. Другие виды медпомощи специалистов финансируются в основном за счет целевых грантов. Размер гранта зависит от типа предоставляемой услуги: большее внимание уделяется соматическим заболеваниям (73% в 2010 году), психиатрической помощи (18%), скорой помощи / перевозке больных (6%) и лечению токсикомании (3%). Кроме

того, размер гранта зависит от ряда других факторов, в том числе количества жителей, проживающих в регионе, и демографии населения. Эти переменные меняют процентное соотношение в структуре предоставляемых услуг. Через финансирование на основе деятельности, части распределения осуществляются в зависимости от количества пациентов, получивших лечение. Расчет по оказанным услугам производится на основе системы Групп, основанных на диагнозе (DRG).

Гранты от правительства являются основным источником финансирования для коммун и округов. До 1986 года, коммуны получали ряд блочных субсидий в качестве целевых трансферов. С 1986 года эта система была заменена на единовременную передачу целого гранта. Государство имеет формулу распределения (так называемая Схема Гранта с Общей Целью) сумм между коммунами и округами. Суммы рассчитываются с использованием взвешенной системы (возраст имеет самый большой «вес»), чтобы компенсировать изменения на спрос на услуги и ценовые различия.

Объем средств, направляемых в HELFO, определяется на ежегодном бюджетном процессе в парламенте в рамках обсуждения расходов на систему страхования. Распределение осуществляется на основе гибких оценок и ожиданий (*overslagsbevilgninger*), а не в виде жестких лимитированных бюджетов, и может быть скорректировано на конец года в зависимости от фактического количества расходования. Средства сначала передаются в бюджет Министерства здравоохранения, а затем направляются в HELFO.

Зарплаты для персонала в публичном секторе здравоохранения обычно обсуждаются государством, коммунами (представителями Норвежской ассоциации локальных и региональных институтов), компаниями из сферы здравоохранения (с представителями организации СПЕКТЕР), а также организациями, созданными для работников, такими как Норвежская мед. ассоциация, Норвежская ассоциация медсестер и Норвежская ассоциация стоматологов). Основа дохода для врачей общей практики обсуждается централизованно и не меняется в зависимости от региона Норвегии. Союз врачей общей практики и государство обсуждают выплаты по произведенным услугам, а также уровень выплат от пациентов. Те же пункты, но для врачей, практикующих частным образом и имеющих контракт с РОЗ, также обсуждаются централизованно и являются универсальными, т.е. не меняются в зависимости от региона.

Таким образом, норвежская система здравоохранения строится на модели Бевериджа, в основе которой заложена доктрина социального страхования, основанная на идее общенародной социальной солидарности. Считаем, что данная модель может быть принята в качестве ориентира при формировании современной модели здравоохранения России.

Список литературы

1. About HELFO. – URL: <https://helfo.no/english/about-helfo> (дата обращения 20.05.2015).
2. De regionale helseforetakene. – URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/helse-og-omsorg/sykehus/innsikt/nokkeltall-og-fakta---ny/de-regionale-helseforetakene/id528110/> (дата обращения 23.04.2015)
3. Exemption card or tax deduction card? – URL: <http://www.skatteetaten.no/en/Person/Tax-deduction-card-and-advance-tax/Exemption-card/Exemption-card-or-tax-deduction-card/> (дата обращения 20.05.2015)
4. Frikort for helsetjenester. – URL: <https://helsenorge.no/betaling-for-helsehjelp/frikort-for-helsetjenester> (дата обращения 11.05.2015).
5. Health accounts, 2014. Health expenditures grow with the population. – URL: <http://ssb.no/en/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/statistikker/helsesat/aar/2015-03-11#content> (дата обращения 06.05.2015).
6. Helseidrettoratet (2012). Nøkkeltall for helsesektoren. Rapport 2011. – URL: <https://helseidrettoratet.no/Lists/Publikasjoner/Attachments/368/Nokkeltall-for-helsesektoren-2011-IS-1954.pdf> (дата обращения 23.04.2015).
7. Helseidrettoratet (2015). Nøkkeltall for helse og omsorgssektoren (10.03.2015). – URL: <https://helseidrettoratet.no/Lists/Publikasjoner/Attachments/889/N%C3%B8kkeltall%20for%20helse-%20og%20omsorgssektoren.pdf> (дата обращения 23.04.2015).
8. OECD (2013). Health at a glance 2013. Expenditure on health by type of financing, 2011 (or nearest year). – URL: http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/social-issues-migration-health/health-at-a-glance-2013/expenditure-on-health-by-type-of-financing-2011-or-nearest-year_health_glance-2013-graph162-en#page4 (дата обращения 06.05.2015)
9. Oversikt over landets helseforetak. – URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/helse-og-omsorg/sykehus/innsikt/oversikt-over-landets-helseforetak/id485362/> (дата обращения 23.04.2015).
10. The National Health and Care Plan (2011–2015). Meld. St. 16 (2010–2011) Report to the Storting (white paper) Summary. – URL: https://www.regjeringen.no/contentassets/f17befe0cb4c48d68c744bce3673413d/en-gb/pdfs/stm201020110016000en_pdfs.pdf (дата обращения 23.04.2015).
11. The Norwegian tax system – main features and developments. Chapter 2 of the budget proposal on taxes 2015 Oslo, 8 October 2014. – URL: http://www.statsbudsjettet.no/Upload/Statsbudsjett_2015/dokumenter/pdf/chapter2_tax2015_eng.pdf (дата обращения 23.04.2015).
12. World Bank Data (2015) Health expenditure, total (% of GDP). Table. – URL: http://data.worldbank.org/indicator/SH.XPD.TOTL.ZS?cid=DEC_SS_WBGDataEmail_EXT (дата обращения 11.05.2015).
13. World Bank Data (2015). GDP per capita (current US\$). Graph. – URL: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD/countries/NO-DK-SE-FI-EU?display=graph> (дата обращения 11.05.2015).

References

1. About HELFO. URL: <https://helfo.no/english/about-helfo> (data obrashhenija 20.05.2015).
2. De regionale helseforetakene. URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/helse-og-omsorg/sykehus/innsikt/nokkeltall-og-fakta---ny/de-regionale-helseforetakene/id528110/> (data obrashhenija 23.04.2015)
3. Exemption card or tax deduction card? URL: <http://www.skatteetaten.no/en/Person/Tax-deduction-card-and-advance-tax/Exemption-card/Exemption-card-or-tax-deduction-card/> (data obrashhenija 20.05.2015)
4. Frikort for helsetjenester. URL: <https://helsenorge.no/betaling-for-helsehjelp/frikort-for-helsetjenester> (data obrashhenija 11.05.2015).
5. Health accounts, 2014. Health expenditures grow with the population. URL: <http://ssb.no/en/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/statistikker/helsesat/aar/2015-03-11#content> (data obrashhenija 06.05.2015).
6. Helseidrettoratet (2012). Nøkkeltall for helsesektoren. Rapport 2011. URL: <https://helseidrettoratet.no/Lists/Publikasjoner/Attachments/368/Nokkeltall-for-helsesektoren-2011-IS-1954.pdf> (data obrashhenija 23.04.2015).
7. Helseidrettoratet (2015). Nøkkeltall for helse og omsorgssektoren (10.03.2015). URL: <https://helseidrettoratet.no/Lists/Publikasjoner/Attachments/889/N%C3%B8kkeltall%20for%20helse-%20og%20omsorgssektoren.pdf> (data obrashhenija 23.04.2015).
8. OECD (2013). Health at a glance 2013. Expenditure on health by type of financing, 2011 (or nearest year). URL: http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/social-issues-migration-health/health-at-a-glance-2013/expenditure-on-health-by-type-of-financing-2011-or-nearest-year_health_glance-2013-graph162-en#page4 (data obrashhenija 06.05.2015)
9. Oversikt over landets helseforetak. URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/helse-og-omsorg/sykehus/innsikt/oversikt-over-landets-helseforetak/id485362/> (data obrashhenija 23.04.2015).
10. The National Health and Care Plan (2011–2015). Meld. St. 16 (2010–2011) Report to the Storting (white paper) Summary. URL: https://www.regjeringen.no/contentassets/f17befe0cb4c48d68c744bce3673413d/en-gb/pdfs/stm201020110016000en_pdfs.pdf (data obrashhenija 23.04.2015).
11. The Norwegian tax system main features and developments. Chapter 2 of the budget proposal on taxes 2015 Oslo, 8 October 2014. URL: http://www.statsbudsjettet.no/Upload/Statsbudsjett_2015/dokumenter/pdf/chapter2_tax2015_eng.pdf (data obrashhenija 23.04.2015).
12. World Bank Data (2015) Health expenditure, total (% of GDP). Table. URL: http://data.worldbank.org/indicator/SH.XPD.TOTL.ZS?cid=DEC_SS_WBGDataEmail_EXT (data obrashhenija 11.05.2015).
13. World Bank Data (2015). GDP per capita (current US\$). Graph. URL: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD/countries/NO-DK-SE-FI-EU?display=graph> (data obrashhenija 11.05.2015).

Рецензенты:

Ахполова В.Б., д.э.н., зав. кафедрой «Менеджмент», ГБОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный педагогический институт», г. Владикавказ;

Лазарова Л.Б., д.э.н., зав. кафедрой «Экономика и финансы», Финансовый университет при Правительстве РФ, Владикавказский филиал, г. Владикавказ.

УДК 338.246.4

**ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ
РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА
В ИНВЕСТИЦИОННОЙ СФЕРЕ**

¹Шваков Е.Е., ²Лазарева Ж.В., ²Чистякова И.С.

¹ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет», Барнаул, e-mail: eshvakov@yandex.ru;

²ФГБОУ ВПО «Горно-Алтайский государственный университет», Горно-Алтайск,
e-mail: mirzoyan_zhanna@mail.ru

Повышение результативности государственно-частного партнерства в инвестиционной сфере обеспечивается посредством его организационного оформления, инструментом которого является программа развития инвестиционного потенциала. Применительно к целям и задачам государственно-частного партнерства в работе предложена авторская трактовка понятия экономической категории «инвестиционный потенциал». Используя в качестве отправной точки исследования его понимание как совокупности ресурсов и условий для их вложения, предложена структура и мероприятия программы развития инвестиционного потенциала. Каждый из разделов программы нацелен на развитие отдельной компоненты инвестиционного потенциала. Дана содержательная характеристика каждого раздела программы. Предложен примерный перечень мероприятий, реализуемых стороной государства и стороной бизнеса и направленных на развитие инвестиционного потенциала промышленного предприятия.

Ключевые слова: государственное частное партнерство, программа развития инвестиционного потенциала, структура программы, результативность государственно-частного партнерства

**THE PROGRAM OF DEVELOPMENT OF THE INVESTMENT POTENTIAL
OF INDUSTRIAL ENTERPRISE AS AN INSTRUMENT OF PUBLIC-PRIVATE
PARTNERSHIP IN THE INVESTMENT AREA**

¹Shvakov E.E., ²Lazareva Z.V., ²Chistyakova I.S.

¹*Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Altai State University»,
Barnaul, e-mail: eshvakov@yandex.ru;*

²*Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Gorno-Altai State
University», Gorno-Altai, e-mail: mirzoyan_zhanna@mail.ru*

Increase of public-private partnership in investment is provided through its organizational design, a tool which is a program of investment potential. With regard to the objectives of public-private partnerships proposed in the author's interpretation of the concept of economic category of «investment potential». Using as a starting point the study of his understanding of how to aggregate resources and the conditions for their investments, proposed structure and activities of the program of investment potential. Each of the sections of the program aims to develop individual components of investment potential. Dana substantial characteristic of each section of the program. We propose an indicative list of activities carried out by the state and party business and aimed at the development of the investment potential of industrial enterprise.

Keywords: public private partnership, program of investment potential, the structure of the program, the effectiveness of public-private partnerships

Существующие тенденции в развитии подходов к регулированию инвестиционной деятельности характеризуются все усиливающейся детализацией условий взаимодействия государства и бизнеса при реализации конкретных инвестиционных проектов. От рамочного регулирования инвестиционной сферы государство перешло к регулированию деятельности субъектов инвестиционной деятельности, реализующих отдельные инвестиционные проекты. Такой подход, безусловно, способствует повышению эффективности использования государственных инвестиционных ресурсов, обеспечивает выполнение взятых на себя инвестиционных обязательств со

стороны частного бизнеса. Вместе с тем стоящие перед государством задачи по улучшению инвестиционного климата, стимулированию инвестиционной деятельности и развитию импортозамещающих производств требуют дальнейшего развития инструментария государственно-частного партнерства в инвестиционной сфере. При этом остается актуальной задача дальнейшего снижения административных барьеров как одного из главных факторов улучшения инвестиционного климата [2, 13]. Важно отметить, что решение данной задачи наиболее результативно происходит в рамках непосредственного взаимодействия власти и бизнеса.

В сложившихся условиях новой формой взаимодействия государства и бизнеса в инвестиционной сфере может стать модель государственно-частного партнерства по развитию инвестиционного потенциала промышленных предприятий. Реализация предложенной модели в практической деятельности органов власти позволит решить целый ряд задач:

– усилит целенаправленность вложения государственных инвестиционных ресурсов, что чрезвычайно актуально в условиях их ограниченности;

– обеспечит реализацию точечных инвестиционных проектов за счет увеличения инвестиционных возможностей конкретных хозяйствующих субъектов;

– позволит обеспечить развитие конкретных производств и конкретных ограниченных территорий.

С позиций разработки данной модели государственно-частного партнерства требует содержательного уточнения понятие «инвестиционный потенциал». Исследовав существующие представления об инвестиционном потенциале [1, 3, 5, 7, 10] и возможностях управления им [11, 12, 14], считаем, что в большей степени предложенной модели отвечает понимание инвестиционного потенциала как совокупности инвестиционных ресурсов, а также условий и возможностей для их эффективного вложения.

Такой подход к определению инвестиционного потенциала в большей степени соответствует целям стратегического управления хозяйствующим субъектом, включая и промышленные предприятия, его развития, так как отражает не только совокупные способности экономических субъектов к вложению инвестиционных ресурсов в конкретные проекты, но и возможности данного субъекта хозяйственной деятельности по освоению инвестиционных ресурсов. Отсутствие таких возможностей оставляет накопленный инвестиционный капитал невостребованным, а предприятие, обладающее инвестиционным потенциалом не получает развития. И наоборот, предприятие, располагающее возможностями для вложения инвестиционного капитала, реализует собственные способности, т.е. реализует свой инвестиционный потенциал и привлекает внешние по отношению к нему инвестиционные ресурсы, что способствует его активному развитию. Инвестиционный потенциал превращается в реальные производства. При этом предприятие в рамках государственно-частного партнерства обеспечивает накопление инвестиционных ресурсов, а государство создает условия и возможности для их вложения. Инвести-

ционный потенциал промышленного предприятия становится объектом управления не только на уровне организации [3, 11], но и на уровне региона [14].

Рассматривая инвестиционный потенциал промышленного предприятия не только как некоторую совокупность инвестиционных ресурсов, но и во взаимосвязи с условиями его использования и соглашаясь с существующими позициями относительно его структуры [9], можно выделить в качестве основных его элементов (структурных компонент) следующее:

– финансовый потенциал (совокупность денежных ресурсов и высоколиквидных финансовых активов, возможных к использованию в инвестиционной деятельности);

– производственный потенциал (совокупность материальных и нематериальных активов, накопленных промышленным предприятием в результате производственной деятельности);

– ресурсно-сырьевой потенциал (обеспеченность балансовыми запасами важнейших видов природных ресурсов, которые могут быть использованы промышленным предприятием в его производственной деятельности);

– инфраструктурный потенциал (условия, характеризующие уровень развития производственной и социальной инфраструктуры в местности, где расположено промышленное предприятие);

– институциональный потенциал (обеспеченность необходимыми институтами рыночной экономики, условия, характеризующие развитие институтов финансово-кредитной системы, консалтинговых, консультативных и иных организаций);

– кадровый потенциал (наличие профессионально обученной рабочей силы и инженерно-технического персонала, условия подготовки необходимых кадров в регионе);

– интеллектуальный потенциал (образовательный уровень населения, возможность переобучения персонала, степень развития НИОКР и др.);

– инновационный потенциал (мера внедрения достижений научно-технического прогресса и степень модернизации производства).

Из предложенного перечня компонент инвестиционного потенциала промышленное предприятие предпринимает усилия по накоплению финансовой, производственной, ресурсно-сырьевой и инновационной составляющих. Органы власти принимают меры по развитию инфраструктурной, институциональной, кадровой и интеллектуальной составляющих инвестиционного по-

тенициала предприятия, создавая условия для развития производственной и социальной инфраструктуры, формирования и развития человеческого капитала и пр. В результате такого взаимодействия формируется государственно-частное партнерство, целью которого выступает реализация конкретного инвестиционного проекта. Кроме этого, государственно-частное партнерство приобретает содержательность и конкретность, что, как отмечается в целом ряде исследований [6, 8], способствует повышению его результативности.

Учитывая объемность задач государственно-частного партнерства по развитию инвестиционного потенциала промышленного предприятия, как перед самим предприятием, так и перед органами власти, важно его организационное оформление. В качестве инструмента такого оформления предлагается использовать программу развития инвестиционного потенциала промышленного предприятия, в которой фиксируются меры по развитию инвестиционного потенциала, сроки и затраты на их осуществление.

Структура программы развития инвестиционного потенциала промышленного предприятия, являясь типичной, содержит следующие разделы: преамбула, целевые ориентиры реализации программы, мероприятия программы (с указанием сроков реализации, стоимости, ответственных), контроль и ответственность за исполнение программы, заключительные положения.

Преамбула предусматривает фиксацию и краткое описание инвестиционного проекта, под который реализуются меры по развитию инвестиционного потенциала промышленного предприятия, осуществляется закрепление общих сроков, стоимости реализации программы и ее участников. Намерения по реализации инвестиционного проекта должны быть подкреплены договорными отношениями между предприятием и его партнерами по реализации проекта. Данное требование обусловлено необходимостью предоставления гарантий того, что реализация программы развития инвестиционного потенциала станет основой для реализации конкретного инвестиционного проекта.

В целевых ориентирах программы устанавливаются количественные параметры отдельных компонент инвестиционного потенциала, которые получают развитие. При этом фиксируется их текущее состояние и достигаемые количественные оценки. Целевые ориентиры должны быть детализированными, так как они ложатся в основу программных мероприятий. Так, например, если речь идет об увеличении производственных помещений, то фиксируется не

только достигаемая площадь производственных помещений, но и способы достижения целевого ориентира (ремонт существующих помещений и ввод их в эксплуатацию, новое строительство). И так по каждому целевому ориентиру, исходя из потребностей планируемого к реализации проекта.

Раздел «Мероприятия программы» предполагает описание предлагаемых мер по развитию инвестиционного потенциала промышленного предприятия с их разбивкой по подразделам согласно предложенной ранее классификации составляющих инвестиционного потенциала и зон ответственности предприятия и государства. Промышленное предприятие в рамках предложенного подхода отвечает за стоимостное наполнение инвестиционного потенциала и реализует меры направленные на следующее:

- увеличение объема финансовых ресурсов, формируемых за счет собственных и привлеченных источников;
- расширение производственных мощностей (увеличение производственных площадей, расширение парка транспортных средств, увеличение стоимости оборудования);
- формирование пула необходимых для реализации проекта прав предприятия на земельные участки, объекты водозабора и водоснабжения, месторождения полезных ископаемых и пр.;
- закрепление за предприятием необходимых прав на объекты интеллектуальной собственности.

Задачей промышленного предприятия является накопление в его распоряжении материальных и нематериальных ресурсов, пригодных для последующего инвестирования.

Государство в лице соответствующих органов власти формирует необходимые условия для реализации инвестиционного проекта, развивая компоненты инвестиционного потенциала, права на которые не принадлежат промышленному предприятию. В рамках своей компетенции государство реализует меры:

- по развитию инфраструктурной компоненты инвестиционного потенциала. Государство как сторона государственно-частного партнерства осуществляет вложение бюджетных средств в создание (улучшения текущего состояния) инфраструктуры региона, необходимой промышленному предприятию для реализации инвестиционного проекта. Реализуются меры по прокладке новых или ремонту существующих автомобильных и железных дорог, развитию инфраструктуры водного транспорта, развитию сети телефонной и спутниковой связи, развитию систем энергообеспечения, газоснабжения, водоснабжения, водоотведения

и дренажа места реализации инвестиционного проекта и пр.;

– по развитию институциональной составляющей инвестиционного потенциала предприятия. В рамках данного направления программы реализуются такие меры, как:

– поддержка интернет-сайтов, на которых размещается подробная информация по субъекту РФ, включая данные по условиям ведения бизнеса в субъекте РФ и районах, а также предлагаемые для реализации инвестиционные проекты;

– создание информационно-аналитических и консультационных центров по вопросам привлечения инвестиций, рейтинговых агентств, оценивающих кредитоспособность и осуществляющих регулярное проведение рейтингов, публикацию рейтинговых оценок субъектов инвестиционной деятельности;

– проведение конференций с участием потенциальных инвесторов;

– участие в национальных и международных инвестиционных форумах, симпозиумах, выставках, конференциях;

– оказание предприятию консультационной поддержки по любым вопросам инвестиционной деятельности (начиная с вопросов регистрации предприятия и выбора площадки под реализацию инвестиционного проекта, заканчивая разъяснением особенностей российского и регионального законодательства, системы налогообложения и т.п.);

– создание специализированных уполномоченных компаний, оказывающих инвесторам на договорной основе услуги по регистрации предприятий на территории региона, их бухгалтерскому, аудиторскому, страховому, лизинговому сопровождению и взаимодействию с налоговыми органами региона и др.;

– решение отдельных вопросов с контролирующими органами региона;

– создание системы «единого окна», предусматривающей обслуживание инвесторов по взаимосвязанным направлениям функционирования инвестора в одном месте. В качестве таких направлений могут быть налоги, разрешительная документация и пр.

При этом важно отметить, что альтернативы деятельности государства по развитию институциональной составляющей инвестиционного потенциала промышленного предприятия просто не существует [4];

– развитие кадровой и интеллектуальной компонент инвестиционного потенциала. Данные меры предполагают финансирование обучения местного населения в учебных заведениях региона и страны по направлениям подготовки и програм-

мам в соответствии с потребностями промышленного предприятия – субъекта инвестиционного государственно-частного партнерства, а также финансирование затрат (полное или частичное) на повышение квалификации и переподготовку работников промышленного предприятия.

Раздел контроль и ответственность за исполнение программы предполагает определение лиц и органов, ответственных за исполнение программы, формы и методы контроля исполнения программы. Учитывая тот факт, что промышленное предприятие может выступать получателем бюджетных средств на реализацию отдельных направлений программы, устанавливаются периодичность и сфера проведения контрольных мероприятий государственными контролирующими инстанциями. Также в данном разделе программы оговариваются условия, призванные обеспечить реализацию программы. Такие условия можно разделить на три группы:

– обязывающие, т.е. накладывающие определенные обязательства (предоставление банку определенных финансовых документов в установленные сроки, сохранение постоянного состава руководства, поддержка оборотного капитала на установленном уровне);

– запрещающие, т.е. обязательства не предпринимать в период реализации мер по развитию инвестиционного потенциала предприятия определенных действий (передача в залог активов, реорганизация, продажа и передача активов в аренду);

– ограничивающие, т.е. обязательства, разрешающие определенные действия с ограничением (ограничения на размер выплачиваемой заработной платы, дивидендов, ограничение на увеличение основного капитала, приобретение отдельных ценных бумаг).

В заключительных положениях оговариваются условия приостановления или полного отказа от реализации программы, включая форс-мажорные обстоятельства, а также возможности ее продолжения.

Использование программного подхода к организации инвестиционного взаимодействия государства и бизнеса позволяет обеспечить его существенную детализацию и конкретику. Важно, что в его основе лежит конкретный инвестиционный проект, предлагаемый к реализации частным бизнесом. Использование финансовых средств и возможностей государства, региона или муниципалитета обеспечивает создание необходимых условий для его реализации. Это предопределяет более высокую вероятность достижения намеченных результатов инвестиционной деятельности, а результативность государственно-частного партнерства существенно повышается.

Список литературы

1. Басов А.И. Финансово-кредитное регулирование инвестиционного процесса в России. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 208 с.
2. Бондаренко И.В., Князева И.В. Системная характеристика рейтингов, содержащих оценку предпринимательского и инвестиционного климата: место России [Электронный ресурс] // Вопросы управления. – 2014. – № 4. – URL: <http://vestnik.uapa.ru/ru/issue/2014/04/10> (дата обращения 26.07.2015).
3. Катасонов В.Ю. Инвестиционный потенциал экономики: механизмы формирования и использования. – М.: Анкил, 2005. – 328 с.
4. Ковальчук Ю.А. О роли институтов развития в управлении инвестиционным потенциалом модернизации промышленности // Экономика. Налоги. Право. – 2013. – № 3. – С. 38–42.
5. Коростелев О. Региональный инвестиционный потенциал предприятий металлообрабатывающей промышленности // Предпринимательство. – 2008. – № 4. – С. 62–65.
6. Лепешкина С.В., Мартенс А.А. Инвестиционное государственно-частное партнерство в развитии сферы управления жилищным фондом региона монография / С.В. Лепешкина, А.А. Мартенс; М-во образования и науки РФ, Алт. гос. ун-т. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2013. – 119 с.
7. Марголин А.М., Быстряков А.Я. Методы государственного регулирования процесса преодоления инвестиционного кризиса в реальном секторе экономики. – Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1998. – 132 с.
8. Мартенс А.А. Государственно-частное партнерство и его роль в модернизации жилищно-коммунального хозяйства регионов и муниципалитетов (на примере Алтайского края) // Муниципалитет: экономика и управление. – 2011. – № 1 (1). – С. 62–65.
9. Наролина Ю.В. Инвестиционный потенциал и инвестиционный риск как основные составляющие инвестиционной привлекательности региона // Вестник Тамбовского университета. Серия гуманитарные науки. – 2009. – № 12(80). – С. 137–143.
10. Рязанова Л.А., Беляков Д.Е. Инвестиции в регионы России // Федеративные отношения и региональная социально-экономическая политика. – 2001. – № 8. – С. 4–11.
11. Суслов Н.И., Мельтенисова Е.Н. Управление инвестиционным потенциалом генерирующих компаний России: основные принципы и рекомендации // Менеджмент и бизнес-администрирование. – 2013. – № 2. – С. 156–165.
12. Хотамкулов А. Усиление инвестиционного потенциала промышленных предприятий путем повышения эффективности инвестиций в основные фонды (на примере текстильных предприятий) // Вопросы экономических наук. – 2010. – № 2 (41). – С. 105–109.
13. Фролова И.В., Королева Н.Ю. Региональные детерминанты управления инвестиционным потенциалом территории // Terra economicus. – 2013. – № 3-3. – С. 111–115.

14. Fischer P. Attracting foreign direct investment in Russia: 5 Steps to Success. M.: Flinta: Science, 2004. 282 p.

References

1. Basov A.I. Finansovo-kreditnoe regulirovanie investitsionnogo processa v Rossii. Moscow, Finansy i statistika, 2002, 208 p.
2. Bondarenko I.V., Knyazeva I.V. Management issues, 2014 [homepage]. no. 4. available at: www.vestnik.uapa.ru/ru/issue/2014/04/10 (date of treatment 07.26.2015).
3. Katsanov V.YU. Investitsionnyy potentsial ekonomiki: mehanizmy formirovaniya i ispolzovaniya. Moskov, Ankil, 2005, 328 p.
4. Kovalchuk YU.A. Ekonomika. Nalogi. Pravo, 2013. no. 3. pp. 38–42.
5. Korostelev O. Predprinimatelstvo, 2008. no. 4. pp. 62–65.
6. Lepeshkina S.V., Martens A.A. Investitsionnoe gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo v razvitii sfery upravleniya zhilishchnym fondom regiona. Barnaul. 2013. 120 p.
7. Margolin A.M., Byistryakov A.Ya. Metody gosudarstvennogo regulirovaniya protsessa preodoleniya investitsionnogo krizisa v realnom sektore ekonomiki. Chelyabinsk: Yuzhno-Uralskoe knizhnoe izdatelstvo, 1998. 132 p.
8. Martens A.A. Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo i ego rol v modernizatsii zhilishchno-kommunalnogo hozyaystva regionov i munitsipalitetov (na primere Altayskogo kraya) Munitsipalitet: ekonomika i upravlenie. 2011. no. 1 (1). pp. 062-065.
9. Narolina YU.V. Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya gumanitarnye nauki. 2009. no. 12(80). pp. 137–143.
10. Ryzanova L.A., Belyakov D.E. Federativnyye otnosheniya i regionalnaya sotsialno-ekonomicheskaya politika. 2001. no. 8. pp. 4–11.
11. Suslov N.I., Meltenisova E.N. Menedzhment i biznes-administririrovanie. 2013. no. 2. pp. 156–165.
12. Hotamkulov A. Voprosy ekonomicheskikh nauk. 2010. no. 2 (41). pp. 105–109.
13. Frolova I.V., Koroleva N.Yu. Terra economicus. 2013. no. 3-3. pp. 111–115.
14. Fischer P. Attracting foreign direct investment in Russia: 5 Steps to Success. M.: Flinta: Science, 2004. 282 p.

Рецензенты:

Глотко А.В., д.э.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Горно-Алтайский государственный университет», г. Горно-Алтайск;
 Бочаров С.Н., д.э.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул.