
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 12 2017

Часть 2

ISSN 1812-7339

Журнал издается с 2003 г.

Электронная версия: <http://fundamental-research.ru>

Правила для авторов: <http://fundamental-research.ru/ru/rules/index>

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. (Невинномысск); д.т.н., проф. Мадера А.Г. (Москва); д.т.н., проф. Пачурин Г.В. (Нижний Новгород); д.т.н., проф. Пен Р.З. (Красноярск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Великий Новгород); д.т.н., к.ф.-м.н., проф. Мишин В.М. (Пятигорск); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.т.н., проф. Шалумов А.С. (Ковров); д.т.н., проф. Леонтьев Л.Б. (Владивосток); д.т.н., проф. Дворников Л.Т. (Красноярск); д.т.н., проф. Снежко В.А. (Москва); 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., проф. Серебрякова Т.Ю. (Чебоксары); д.э.н., проф. Косякова И.В. (Самара); д.э.н., проф. Апенько С.Н. (Омск); д.э.н., проф. Скуфьина Т.П. (Апатиты); д.э.н., проф. Самарина В.П. (Москва)

Журнал «Фундаментальные исследования» зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий, и массовых коммуникаций.

Свидетельство – ПИ № ФС 77-63397.

Все публикации рецензируются.

Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Импакт-фактор РИНЦ (двухлетний) = 1,252.

Учредитель, издательство и редакция:

ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Ответственный секретарь редакции –

Бизенкова Мария Николаевна –

+7 (499) 705-72-30

E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать 29.12.2017

Дата выхода номера 29.01.2018

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр

Академия Естествознания»,

г. Саратов, ул. Мамоновой, 5

Технический редактор

Митронова Л.М.

Корректор

Галенкина Е.С.

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 22,13

Тираж 1000 экз. Заказ ФИ 2017/12

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХЛОРИРОВАНИЯ В СТУДЕНЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ХИМИИ	
<i>Богословский С.Ю., Болдырев В.С., Кузнецов Н.Н., Ечеистов В.В.</i>	247
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ АППАРАТАХ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СМЕСЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В НАНОТЕХНОЛОГИЯХ	
<i>Бородулин Д.М., Иванец В.Н., Сухоруков Д.В.</i>	252
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ СБОРКИ НЕРАЗЪЕМНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ	
<i>Валиев А.М., Панкратов Д.Л.</i>	258
РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОСНОВНОЙ НАГРУЗКИ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ШАТУНА	
<i>Гоц А.Н.</i>	263
ИЗГОТОВЛЕНИЕ СВЕТОПРОПУСКАЮЩЕЙ YSZ-КЕРАМИКИ МЕТОДАМИ ХОЛОДНОГО СТАТИЧЕСКОГО ОДНООСНОГО И УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРЕССОВАНИЯ С ПОСЛЕДУЮЩИМ СВОБОДНЫМ СПЕКАНИЕМ	
<i>Двилис Э.С., Хасанов О.Л., Пайгин В.Д., Толкачев О.С.</i>	268
МЕТОД ОПЕРАТОРНЫХ РЯДОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕДКИХ СОБЫТИЙ	
<i>Дзанагова И.Т.</i>	277
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА	
<i>Ершов Д.С., Хафизов А.Р., Мустафин И.А., Станкевич К.Е., Ганцев А.В., Сидоров Г.М.</i>	282
СИСТЕМА АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЯ СТЕПЕНИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ОТРАЖЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	
<i>Зиятдинов Р.Р., Шаббаев А.А., Валиахметов Р.Р.</i>	287
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗБЫТОЧНЫХ МОДУЛЯРНЫХ КОДОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ ЗАПРОСНО-ОТВЕТНЫХ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ СПУТНИКА	
<i>Калмыков М.И., Бабенко Л.К., Калмыков И.А., Ефременков И.Д., Мирошников Д.А.</i>	292
ПОЛИОРГАНОСИЛОКСАНОВЫЕ ПОКРЫТИЯ С ПОВЫШЕННОЙ ТВЕРДОСТЬЮ И ЭЛАСТИЧНОСТЬЮ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ	
<i>Коблова Л.Б.</i>	297
ИГРОВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ СЕТЕВЫХ РЕСУРСОВ	
<i>Надеждин Е.Н., Сурков Е.В., Шершакова Т.Л.</i>	303
МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ	
<i>Наумова Н.А., Карачанская Т.А., Хачатурян М.К.</i>	312

НЕГОЛОНОМНЫЕ СВЯЗИ В УПРАВЛЯЕМОЙ ДИНАМИКЕ МНОГОТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Полянина А.С. 318

ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ОЛОВА
ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Смирнова Н.В., Куриганова А.Б., Фаддеев Н.А., Пудова Л.С., Ульяновкина А.А. 323

К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОГРАЖДАЮЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Шарапов О.Н., Полякова В.В., Бабухин Д.А., Рудакова Д.С. 328

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШТОРМОВОГО НАГОНА В МЕЛКОВОДНОМ ВОДОЕМЕ
НА ОСНОВЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ 3D МОДЕЛЕЙ ГИДРОДИНАМИКИ

Шишенин А.В., Сушинов А.И., Кузнецова И.Ю. 335

Экономические науки (08.00.00)СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА
НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Алешина О.Г., Демченко С.К. 341

АУТСОРСИНГ КАК КАТАЛИЗАТОР ПРОЦЕССОВ РЕАЛИЗАЦИИ
СИСТЕМНЫХ ИННОВАЦИЙ

Балдин О.В., Иванов Г.И. 347

ОПЛАТА ТРУДА ПЕРСОНАЛА В КОНТЕКСТЕ ТЕОРИЙ МОТИВАЦИИ

Вертинова А.А., Прихошко Н.В. 353

ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Гатауллин Р.Ф., Уляева А.Г. 358

ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ОПЕРАЦИЙ ПО УСТУПКЕ ПРАВ ТРЕБОВАНИЯ

Елисеєва О.В., Бушева А.Ю., Васильева Е.А., Гудожникова Е.В. 363

АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА
МУНИЦИПАЛЬНЫХ УСЛУГ

Зиннурова Г.Р., Губайдуллина А.Р. 368

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В РОЗНИЧНОМ ЭКСПРЕСС-КРЕДИТОВАНИИ:
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

Мастяева И.Н., Воловатова Е.Г. 374

АНАЛИЗ ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА РИСОВОГО ЦЕХА
НА БАЗЕ ФГПУ РПЗ «КРАСНОАРМЕЙСКИЙ»

Моисеев В.В., Логвинов А.В., Нусхинова О.Д. 379

АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ОТРАСЛЕВОЙ СТРУКТУРЫ ИНВЕСТИЦИЙ
И ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В СМЕЖНЫХ РЕГИОНАХ
ТРАНСГРАНИЧНОГО БАСЕЙНА Р. УРАЛ

Падалко Ю.А. 384

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
БАНКОВСКОГО СЕКТОРА В РОССИИ

Панкрева Ю.В., Лескина О.Н., Щербаков Е.М. 390

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ И РАЗВИТИЮ МАССОВОГО И СОЦИАЛЬНОГО ТУРИЗМА	
<i>Старичкова Н.В., Самохина Л.С.</i>	395
ОЦЕНКА ТЕКУЩЕГО УРОВНЯ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ КОЭФФИЦИЕНТОВ	
<i>Токсина Е.В., Анопченко Т.Ю.</i>	400
ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА СОЕВЫХ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ В КИТАЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВ ЭКСПОРТА	
<i>Усова М.В., Палагина М.В., Фищенко Е.С., Набокова А.А.</i>	405
УПРАВЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ СУБЪЕКТА ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА	
<i>Шемятихина Л.Ю.</i>	411

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

THE USE OF ELECTROCHLORINATION METHOD IN THE STUDENT CHEMISTRY MANUAL <i>Bogoslovskiy S.Yu., Boldyrev V.S., Kuznetsov N.N., Yacheistov V.V.</i>	247
INTENSIFICATION OF MIXING PROCESS IN CENTRIFUGAL MIXERS OF CONTINUOUS ACTION FOR MIXTURES USED IN NANOTECHNOLOGIES <i>Borodulin D.M., Ivanets V.N., Sukhorukov D.V.</i>	252
AUTOMATED SYSTEM OF SIMULATION AND MANAGEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF ASSEMBLY OF UNLIMITED EQUIPMENT WITH PLASTIC DEFORMATION <i>Valiev A.M., Pankratov D.L.</i>	258
CALCULATION AND EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF THE MAIN LOAD OF THE THREADED CONNECTION OF THE CONNECTING ROD <i>Gots A.N.</i>	263
MANUFACTURING OF TRANSLUCENT YSZ-CERAMIC BY STATIC UNIAXIAL PRESSING AT POWERFUL ULTRASOUND ASSISTANCE WITH FOLLOWING FREE SINTERING <i>Dvilis E.S., Khasanov O.L., Paygin V.D., Tolkachev O.S.</i>	268
METHOD OF OPERATOR SERIES FOR CONSTRUCTING EXTREMAL MODELS OF RARE EVENTS <i>Dzanagova I.T.</i>	277
CURRENT STATE AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE CATALYTIC CRACKING PROCESS <i>Ershov D.S., Khafizov A.R., Mustafin I.A., Stankevich K.E., Gantsev A.V., Sidorov G.M.</i>	282
IN-PROCESS MONITORING SYSTEM TO CONTROL SURFACE ROUGHNESS BASED ON MEASUREMENT OF POLARIZATION DEGREE OF REFLECTED RADIATION <i>Ziyatdinov R.R., Shabaev A.A., Valiakhmetov R.R.</i>	287
THE USE OF REDUNDANT MODULAR CODES IN THE DEVELOPMENT OF FAULT-TOLERANT REQUEST-RESPONSE RECOGNITION SYSTEMS SATELLITE <i>Kalmykov M.I., Babenko L.K., Kalmykov I.A., Efremkov I.D., Miroshnikov D.A.</i>	292
POLYORGANOSILOXANE COATINGS WITH HIGH SOLIDITY AND ELASTICITY, DESIGNED FOR PROTECTION OF ELECTRONIC EQUIPMENT PRODUCTS <i>Koblova L.B.</i>	297
GAME MODEL FOR ANALYSIS CHARACTERISTICS OF SYSTEM ACTIVE PROTECTION OF NETWORK RESOURCES <i>Nadezhdin E.N., Surkov E.V., Shershakova T.L.</i>	303
METHODS OF THE SOLUTION OF SOME PROBLEMS OF OPTIMUM DISTRIBUTION OF TRAFFIC FLOWS IN THE DYNAMIC MODE <i>Naumova N.A., Karachanskaya T.A., Khachatryan M.K.</i>	312

 NONHOLONOMIC CONSTRAINTS IN CONTROLLED DYNAMICS
 OF MANY-BODY SYSTEMS

Polyanina A.S. 318

TIN DIOXIDE-BASED ELECTRODE MATERIALS FOR ELECTROCHEMICAL APPLICATIONS

Smirnova N.V., Kuriganova A.B., Faddeev N.A., Pudova L.S., Ulyankina A.A. 323

 ON THE PROBLEM OF ALTERING THE ENCLOSING STRUCTURES'
 THERMAL CHARACTERISTICS BY USING BUILDING INDUSTRY WASTE

Sharapov O.N., Polyakova V.V., Babukhin D.A., Rudakova D.S. 328

 DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL FOR SURGE PHENOMEN
 USING PRECISE 3D MODELS OF HYDRODYNAMICS

Shishenya A.V., Sukhinov A.I., Kuznetsova I.Yu. 335

Economic sciences (08.00.00)

 CURRENT TRENDS IN THE ECONOMIC GROWTH MODEL
 OF THE NATIONAL ECONOMY

Aleshina O.G., Demchenko S.K. 341

 OUTSOURCING AS A CATALYST FOR IMPLEMENTION PROCESS
 OF SYSTEM INNOVATIONS

Baldin O.V., Ivanov G.I. 347

EMPLOYEE COMPENSATION IN TERMS OF MOTIVATION THEORIES

Vertinova A.A., Prikhoshko N.V. 353

 TRENDS AND PROSPECTS OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT
 OF RURAL TERRITORIES OF THE BASHKORTOSTAN REPUBLIC

Gataullin R.F., Ulyayeva A.G. 358

 FEATURES OF ACCOUNTING OF OPERATIONS ON ASSIGNMENT
 OF RIGHTS REQUIREMENTS

Eliseeva O.V., Busheva A.Yu., Vasileva E.A., Gudozhnikova E.V. 363

 THE ANALYSIS OF THEORETICAL AND METHODOLOGICAL APPROACHES
 TO ASSESSING THE QUALITY OF MUNICIPAL SERVICES

Zinnurova G.R., Gubaydullina A.R. 368

RISK MANAGEMENT IN THE RETAIL EXPRESS-LOANS: MODERN TRENDS

Mastyayeva I.N., Volovatova E.G. 374

 ANALYSIS OF THE FINANCIAL RISKS OF THE CONSTRUCTION
 OF THE RICE WORKSHOP ON THE BASIS OF FGPU RPZ «KRASNOARMEYSKY»

Moiseev V.V., Logvinov A.V., Nuskhinova O.D. 379

 ANALYSIS OF TERRITORIAL-SECTORAL STRUCTURE OF INVESTMENTS
 AND DEMOGRAPHIC CONDITIONS IN THE ADJACENT REGIONS
 OF THE TRANSBOUNDARY OF THE URAL RIVER BASIN

Padalko Yu.A. 384

 CURRENT STATUS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT
 OF THE BANKING SECTOR IN RUSSIA

Pankreva Yu.V., Leskina O.N., Shcherbakov E.M. 390

A SYSTEMATIC APPROACH TO THE FORMATION AND DEVELOPMENT
OF MASS AND SOCIAL TOURISM

Starichkova N.V., Samokhina L.S. 395

SYSTEM OF SPECIAL INDICATORS FOR THE ECOLOGIZATION
LEVEL ASSESSMENT

Toksina E.V., Anopchenko T.Yu. 400

CHINA SOYBEAN FERMENTED PRODUCTS MARKET RESEARCH
FOR DETERMINATION OF THE EXPORT OPPORTUNITIES

Usova M.V., Palagina M.V., Fishchenko E.S., Nabokova A.A. 405

MANAGEMENT OF ECONOMIC STABILITY OF THE SUBJECT
OF INNOVATIVE BUSINESS

Shemyatikhina L.Yu. 411

УДК 66.087.7:661.433.5:378.147.88

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХЛОРИРОВАНИЯ В СТУДЕНЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ХИМИИ

Богословский С.Ю., Болдырев В.С., Кузнецов Н.Н., Ечеистов В.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, e-mail: b.su@bmstu.ru

Показана пригодность процесса получения низкоконцентрированного гипохлорита натрия электролитическим хлорированием раствора хлорида натрия с определением «активного хлора» по ГОСТ 18190-72 для целей студенческого практикума по химии. Процесс проводили в непроточной ячейке объемом 1 л с четырьмя биполярными титановыми электродами 6x10 см с окисно-рутениевыми анодами, расстоянием между электродами 1 мм при температуре исходного раствора 7–8 °С. Для ознакомления с основными электрохимическими закономерностями процесса представляется удобной концентрация хлорида натрия 25 г/л (зависимость концентрации «активного хлора» от времени электролиза линейна вплоть до 9 г/л при плотности тока 0,1 А/см²). Для изучения влияния побочных процессов на выход целевого продукта подходят большие значения плотности тока 0,125 и 0,15 А/см² (зависимость нелинейна). Зависимость при концентрации 35 г/л, 0,1 А/см² подобна зависимости при 25 г/л и 0,125 А/см². Для определения концентрации «активного хлора» через равные промежутки времени от реакционной смеси отбирали алиquotу, разбавляли её в 25 раз и проводили титрование метиловым оранжевым по ГОСТ 18190-72. На основании полученных данных построили зависимость и объясняли её вид основными и побочными процессами, протекающими при электролизе.

Ключевые слова: электрохлорирование, обеззараживание воды, гипохлорит натрия, «активный хлор», лабораторный практикум по химии

THE USE OF ELECTROCHLORINATION METHOD IN THE STUDENT CHEMISTRY MANUAL

Bogoslowski S.Yu., Boldyrev V.S., Kuznetsov N.N., Yacheistov V.V.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: b.su@bmstu.ru

The suitability of the process of obtaining a low-concentrated sodium hypochlorite electrolytic chlorination of sodium chloride solution with the definition of «active chlorine» according to GOST 18190-72 for the purpose of student workshops in chemistry was shown. The process was performed in a non-flowing cell with a volume of 1 liter with four bipolar titanium electrodes 6X10 cm with oxide-ruthenium anode and distance between electrodes 1 mm at the temperature of the original solution of 7–8 °C. The concentration of sodium chloride 25 g/l seems convenient for learning the basic regularities of the electrochemical process (the dependence of the concentration of «active chlorine» on the time of electrolysis is linear up to 9 g/l at a current density of 0.1 A/cm²). To study the influence of side processes on the yield of the target product large values of current density of 0.125 and 0.15 A/cm² are suitable (the nonlinear dependence). The dependence at a concentration of 35 g/l, 0.1 A/cm² is similar to dependence at 25 g/l and 0.125 A/cm². To determine the concentration of «active chlorine» in equal time intervals from the reaction mixture an aliquot was taken, diluted about 25 times and titrated with methyl orange according to GOST 18190-72. On the data obtained there was built a graph and given explanation of the course of the primary and the secondary processes taking place during the electrolysis.

Keywords: electrochlorination, water disinfection, sodium hypochlorite, the concentration of «active chlorine», student chemistry manual

Раздел «химические и электрохимические процессы в растворах» лабораторного практикума по курсу химии для бакалавров технических специальностей может быть дополнен работой по изучению процесса электрохлорирования, содержащей элементы научного исследования – научно-исследовательский кейс, ориентированный на включение обучающегося в исследовательскую деятельность [1, 2]. Такую работу целесообразно проводить в завершение практикума по электрохимии после освоения лекционного материала и выполнения соответствующего домашнего задания [3–5]. Уровень усвоения материала повышается при использовании алгоритмического метода [6]. Электролиз раствора хлорида натрия проводили в бездиафрагменной ячейке, по-

лучали раствор гипохлорита натрия низкой концентрации и определяли концентрацию «активного хлора». Раствор гипохлорита натрия широко используется в качестве дезинфицирующего и отбеливающего средства. Важно, что при концентрации менее 1% он является неопасным реагентом (ТУ 6-01-29-93, марка Э), поэтому его использование в лабораторном практикуме не требует принятия дополнительных мер безопасности. Для получения электролитического гипохлорита натрия используют хорошо отработанный процесс, основанный на одно-временном получении хлора и гидроксида натрия и их взаимодействия в бездиафрагменном электролизере. Относительные скорости выделения хлора и кислорода на аноде и водорода на катоде зависят от материала

электродов, pH электролита, концентрации хлорида натрия, плотности тока и температуры процесса. Так как целью эксперимента являлось получение низкоконтрированного раствора гипохлорита, использовались растворы хлорида натрия невысокой концентрации. В то же время, при переходе к сильно разбавленным растворам вместе с хлором, выделяющимся на аноде, начинает образовываться все более заметное количество кислорода [7]. Этим продиктовано использование растворов с концентрацией 25 и 35 г/л. По мере накопления в растворе гипохлорита натрия электрохимическое и химическое разложение гипохлорита до хлората становится все заметнее. Известно, что выход по току уменьшается из-за потерь на катодное восстановление и электрохимическое анодное окисление гипохлорита пропорционально росту его концентрации, обратно пропорционально плотности тока и падает примерно на 2% при повышении температуры на 1°C [8]. Следовательно, для протекания основного процесса при минимуме побочных реакций оптимально проводить электролиз нейтральных растворов хлорида натрия при возможно более низкой температуре и ограничиваться невысокими концентрациями продукта – гипохлорита натрия. Рассмотрим более подробно влияние на выход гипохлорита плотности по току: при очень малых значениях на аноде выделяется кислород, затем, при достижении равновесного потенциала, начинается совместное выделение кислорода и хлора. С ростом плотности по току выход

хлора быстро возрастает, и при $0,1 \text{ A/cm}^2$ доля электричества, пошедшая на выделение кислорода, составляет лишь несколько процентов [8]. По данным [9] зависимость выхода по току «активного хлора» от плотности тока имеет максимум в области от $0,1$ до $0,2 \text{ A/cm}^2$. Таким образом, оптимальным представляется значение $0,1 \text{ A/cm}^2$. Оптимальная продолжительность процесса с точки зрения расхода электроэнергии не должна превышать 15–17 минут [10].

Целью исследования являлась оптимизация параметров электрохлорирования и апробация методики определения активного хлора в условиях студенческого практикума по химии.

Материалы и методы исследования

При проведении работы использовалась одна установка электрохлорирования на группу, размещенная в вытяжном шкафу и состоящая из стеклянной электролитической ячейки объемом 1 л, тефлоновой крышки, соединенной со стеклянным цилиндром, образующим гидравлический затвор, и приборов для проведения электрохимического процесса и контроля за его параметрами (рис. 1). Четыре титановых электрода $6 \times 10 \text{ см}$ с окисно-рутениевыми анодами располагали на расстоянии в 1 мм и проводили процесс при плотности тока $0,1 \text{ A/cm}^2$ [11–13]. Дополнительно к газлифту реакционную смесь перемешивали магнитной мешалкой, расположенной на дне ячейки. В качестве источника тока использовали потенциостат-гальваностат Elins P-150X. Раствор хлорида натрия готовили из дистиллированной воды и хлорида натрия квалификации «х.ч.». Концентрацию активного хлора определяли по ГОСТ 18190-72 титрованием метиловым оранжевым (пара-диметиламиноазобензолсульфокислый натрий) квалификации «ч.д.а.» [14].

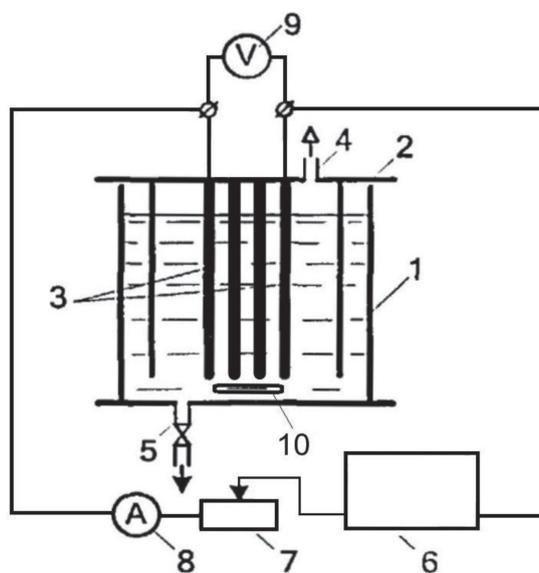
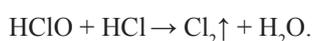
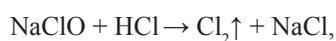


Рис. 1. Электролизная установка. 1 – корпус электролитической ячейки, 2 – крышка, 3 – электроды $6 \times 10 \text{ см}$, 4 – газоотвод, 5 – дистанционно управляемый пробоботборный кран, 6 – блок питания, 7 – реостат, 8 – амперметр, 9 – вольтметр, 10 – магнитная мешалка

Раствор для электролиза предварительно охлаждали до 7 °С. Электрохлорирование осуществляли в непроточном режиме с периодическим отбором проб реакционной смеси по 10 мл через равные промежутки времени. Общее время электролиза не превышало 20 мин, благодаря чему итоговая концентрация «активного хлора» не превышала 1%. Для построения графика экспериментальной зависимости через равные промежутки времени отбирали четыре пробы по 10 мл реакционного раствора, помещали их в мерные колбы на 250 мл, добавляли избыток 5 н. раствора соляной кислоты и доливали дистиллированную воду до метки. Затем из каждой мерной колбы отбирали по 20 мл в три конические колбы для титрования и определяли концентрацию «активного хлора».

Термин «активный хлор» обозначает весь объем хлора, образующийся при воздействии на реакционную смесь избытка соляной кислоты:



Для его определения использовали то, что окислительный потенциал хлора достаточен для разрушения метилового оранжевого, в результате чего при титровании раствора хлора метиловый оранжевый обесцвечивается – «метод определения свободного остаточного хлора титрованием метиловым оранжевым» [14]. Раствор 0,005 % метилового оранжевого в дистиллированной воде (25 мг на 1 л дистиллированной воды) помещали в пробирку на 5 мл и титровали им 20 мл анализируемого раствора до появления исчезающей розовой окраски. Содержание свободного остаточного хлора вычисляли по формуле

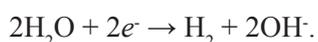
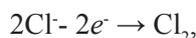
$$X = (0,04 + 217a)/V,$$

где a – объем раствора метилового оранжевого, пошедший на титрование, мл; V – объем взятой реакционной смеси, в нашем случае 10 мл; 0,04 – эмпирический коэффициент, 0,0214 – титр метилового оранжевого. Далее строили график в координатах концентрация «активного хлора» – время электрохлорирования и объясняли вид зависимости.

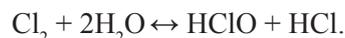
Результаты исследования и их обсуждение

На вид зависимости концентрации «активного хлора» от времени влияет концентрация исходного раствора хлорида натрия и значение плотности по току (рис. 2).

При концентрации 25 г/л и плотности по току 0,1 А/см² побочные процессы протекают в небольшой степени и зависимость практически линейная. На аноде в основном образуется хлор, на катоде происходит разложение молекул воды с образованием водорода и гидроксил-ионов.

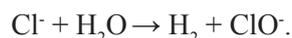


Выделяющийся хлор растворяется и диспропорционирует с образованием хлорноватистой и хлороводородной кислот:

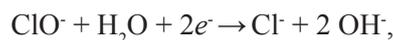


Благодаря интенсивному перемешиванию электролита в межэлектродном пространстве образующиеся на катоде при восстановлении воды гидроксил-ионы нейтрализуют эти кислоты с образованием гипохлорита и хлорида натрия.

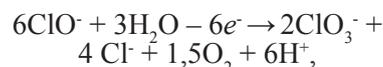
Суммарное уравнение электролиза:



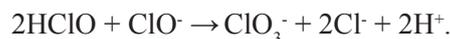
При плотности по току 0,125 и 0,15 А/см² наблюдается отклонение зависимости концентрации «активного хлора» от времени электролиза от линейной и появляется участок на котором концентрация возрастает медленнее из-за протекания побочных процессов электрохимического восстановления гипохлорита натрия, находящегося в прямой зависимости от интенсивности перемешивания:



и побочного процесса электрохимического окисления гипохлорита, усиливающегося из-за локальных перегревов:

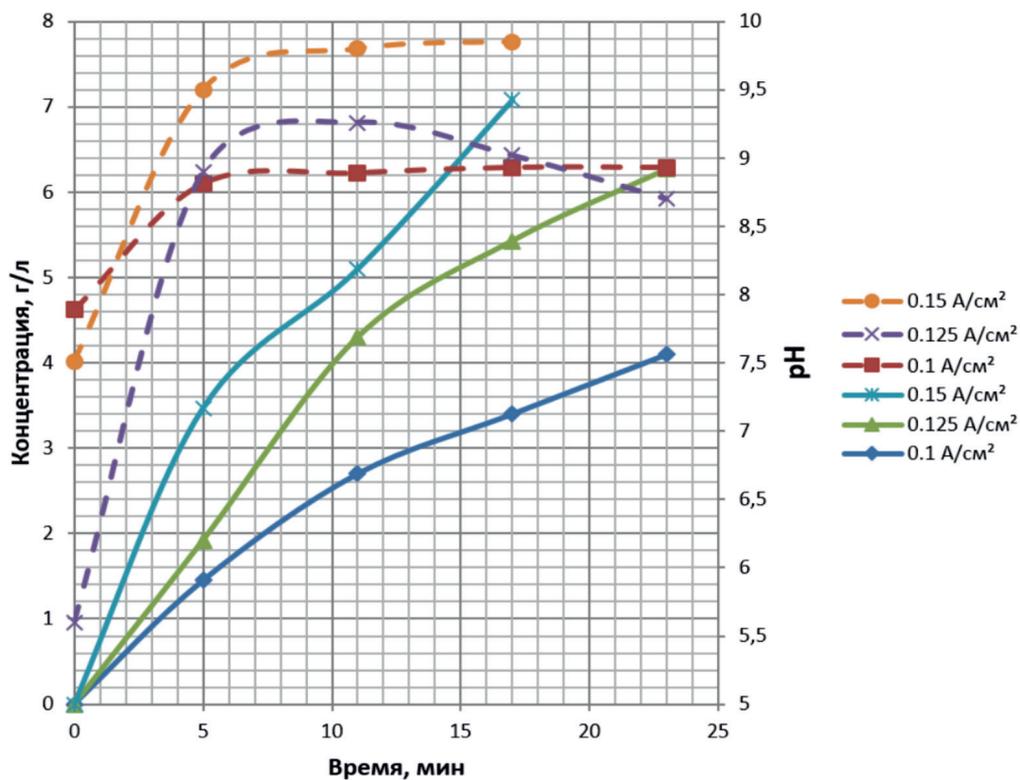


а также процесса химического образования хлората:



Также на зависимости pH реакционной смеси от времени видны три участка: практически линейное возрастание pH на первом, область перегиба и практически линейный третий участок постоянных значений водородного показателя. Второму участку соответствует область нелинейности на графике зависимости концентрации «активного хлора» от времени.

Выбор плотности по току зависит от цели лабораторной работы. Если изучению подлежит основной химизм процесса, оптимальной представляется плотность по току 0,1 А/см², при которой влияние побочных процессов невелико, если же предполагается исследовать влияние побочных процессов на выход гипохлорита, следует использовать более высокие значения плотности по току. Вид зависимости при концентрации 35 г/л и плотности по току 0,1 А/см² сходен с видом кривой, соответствующей концентрации 25 г/л и 0,15 А/см².



35 г/л

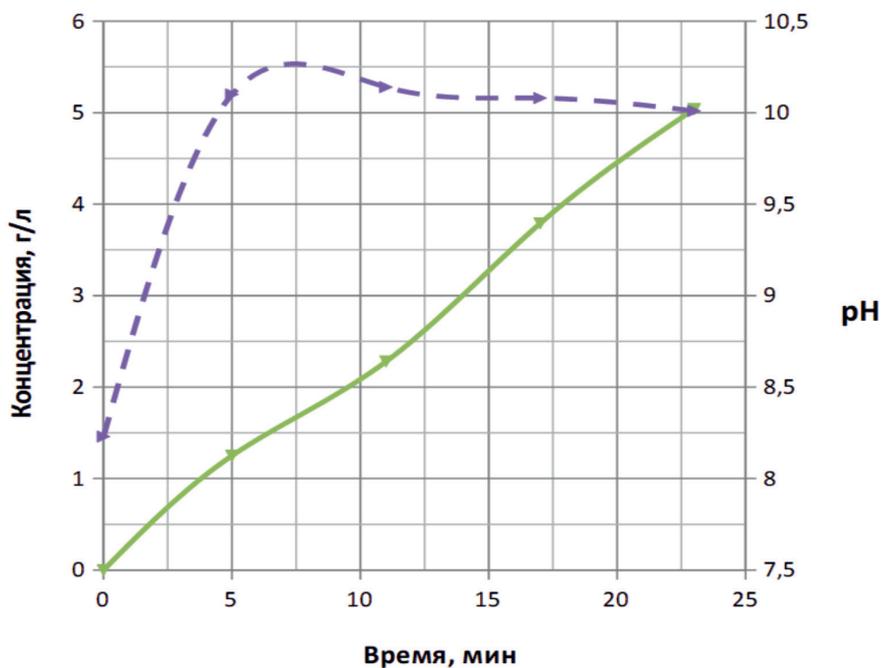


Рис. 2. Зависимость pH (правая шкала, пунктирные кривые) и концентрации активного хлора в г/л (левая шкала, сплошные) от времени электрохлорирования для плотностей тока 0,15; 0,125; 0,1 А/см² и концентрации раствора хлорида натрия 25 г/л (верхний рисунок) и плотности тока 0,1 А/см² и концентрации 35 г/л (нижний рисунок)

Выводы

Было апробировано использование процесса электрохлорирования для изучения основных закономерностей процесса электролиза в лабораторном практикуме по химии для студентов вузов. Показано, что при концентрации исходного раствора хлорида натрия 25 г/л и плотности по току 0,1 А/см² процесс протекает с небольшими побочными реакциями, итоговая зависимость концентрации «активного хлора» от времени электрохлорирования получается практически линейной. При более высокой плотности по току или при концентрации 35 г/л становятся заметны побочные процессы. Это позволяет проводить работу в двух вариантах. В первом, при плотности по току 0,1 А/см², изучается химизм основного процесса синтеза гипохлорита натрия электролизом хлорида в бездиафрагменной ячейке и основные реакции, протекающие на электродах. При более высокой плотности по току дополнительно изучается влияние побочных процессов, приводящих к снижению выхода по току целевого продукта и к нелинейному виду зависимости концентрации «активного хлора» от времени. Для построения зависимости применена гостированная методика определения содержания «активного хлора» титрованием метиловым оранжевым. В работе использованы доступные и недорогие реагенты, имеющиеся в каждом лабораторном практикуме: хлорид натрия, соляная кислота, метиловый оранжевый. Процесс электрохлорирования сопровождается образованием газообразного хлора, большая часть которого поглощается реакционным раствором и превращается в гипохлорит, а часть выделяется через газоотводную трубку, поэтому установка должна располагаться в вытяжном шкафу. В целях безопасности отбор проб из реакционного объема осуществлялся при помощи дистанционно управляемого крана, расположенного в нижней части ячейки. Это позволяет держать тягу закрытой и избегать попадания отходящих газов в воздух лаборатории. Концентрация гипохлорита натрия в реакционной смеси не превышала 0,8%, что в соответствии с ТУ 6-01-29-93 марка Э классифицирует его как неопасный реагент. Кроме того, перед титриметрическим определением раствор дополнительно разбавляли в 25 раз. Освоение предлагаемой работы поможет сформировать способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом

и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса и продукции; выработать умение использовать теорию электрохимических процессов для оптимизации основных параметров электрохимических технологических процессов.

Список литературы

1. Двучичанская Н.Н. Компетентностный подход к обучению естественнонаучным дисциплинам в техническом и профессиональном образовании: монография. – М.: НИИ РЛ МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 188 с.
2. Двучичанская Н.Н. Дидактическая система формирования профессиональной компетентности студентов учреждений среднего профессионального образования в процессе естественно-научной подготовки: автореф. дис. ... докт. пед. наук. – М., 2011. – 40 с.
3. Химия: учебник для академического бакалавриата / Ю.А. Лебедев, Г.Н. Фадеев, А.М. Голубев, В.Н. Шаповал. – М.: Юрайт, 2014. – 527 с.
4. Лабораторный практикум по курсу химии для бакалавров технических специальностей / С.Л. Березина и др. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 116 с.
5. Выполнение домашних заданий по курсу химии: метод. указания / С.Ю. Богословский и др. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 98 с.
6. Ломакина Г.Ю., Романко О.И., Смирнов А.Д., Фёдоров В.В., Шаповал В.Н. О методике обучения химии в техническом университете // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 5. URL: <http://science-education.ru/tu/article/view?id=26948>.
7. Кудрявцев С.В. Совершенствование технологических параметров установок получения электролитического гипохлорита натрия для обеззараживания воды: дис. ... канд. тех. наук. – Новочеркасск, 2009. – 164 с.
8. Якименко Л.М. Электрохимические процессы в химической промышленности: Электрохимический синтез неорганических соединений / Л.М. Якименко, Г.А. Серышев. – М.: Химия, 1984. – 160 с.
9. Фёдорова Ю.С., Жерякова К.В., Нигматуллина Л.И. Получение «активного хлора» путем электрохимической обработки растворов хлорида натрия // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 12–2. – С. 75–77.
10. Fesenko L.N. et al. Analysis of economic efficiency of low-concentrated sodium hypochlorite by direct electrolysis of natural waters. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2017. – Vol. 262. Art. № 012185.
11. Кузнецов Н.Н., Богословский С.Ю., Болдырев В.С. Оптимизация параметров электролитического процесса получения гипохлорита натрия для обеззараживания воды // Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции «Необратимые процессы в природе и технике». – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – Ч. 2. – С. 4–5.
12. Богословский С.Ю., Болдырев В.С., Кузнецов Н.Н., Астапов К.Р. Оптимизация процесса электролитического получения гипохлорита натрия для обеззараживания воды // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 11–1. – С. 30–34.
13. Bogoslovskii S. Yu., Kuznetsov N.N., Boldyrev V.S. Parameter optimization of electrolytic process of obtaining sodium hypochlorite for disinfection of water. // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – Vol. 918. Art. № 012028.
14. ГОСТ 18190-72. Вода питьевая. Методы определения остаточного активного хлора. Сборник ГОСТов. – М.: Стандартинформ, 2009. – С. 352–357.

УДК 621.929.2/.929.9

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ АППАРАТАХ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СМЕСЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В НАНОТЕХНОЛОГИЯХ

Бородулин Д.М., Иванец В.Н., Сухоруков Д.В.

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», Кемерово, e-mail: Pioner_dias@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованию механического смешивания высокодисперсных компонентов в поле центробежных сил, разработке эффективного смесительного оборудования для получения наноматериалов, находящихся в разреженном состоянии. В результате проведенных экспериментальных исследований были изучены различные конструктивные и технологические характеристики центробежных смесителей непрерывного действия. Теоретически и экспериментально изучено влияние различных параметров аппарата на качество получаемой высокодисперсной смеси, получены регрессионные уравнения, описывающие процесс смешивания. Определение величин составляющих скорости материальных потоков и их направления внутри рабочей камеры смесителя центробежного типа при различных частотах вращения и конструктивных модификациях ротора позволило разработать новую конструкцию центробежного смесителя. Благодаря проведенным экспериментальным исследованиям была получена общая картина движения пылевоздушных потоков внутри рабочей камеры центробежного смесителя, позволяющая организовать направленное движение высокодисперсных компонентов и устранить эффект сегрегации при получении высокодисперсных порошкообразных материалов, используемых в нанотехнологиях.

Ключевые слова: смешивание, наноматериалы, экспериментальные исследования, регрессионные уравнения, центробежный смеситель

INTENSIFICATION OF MIXING PROCESS IN CENTRIFUGAL MIXERS OF CONTINUOUS ACTION FOR MIXTURES USED IN NANOTECHNOLOGIES

Borodulin D.M., Ivanets V.N., Sukhorukov D.V.

Federal State-owned Budgetary Educational Institution of Higher Vocational Education Kemerovo Institute of Food Science and Technology, Kemerovo, e-mail: Pioner_dias@mail.ru

The present article is devoted to the study of mechanical mixing of highly disperse components in the field of centrifugal forces, the development of efficient mixing equipment for obtaining nanomaterials in a sparse state. As a result of the carried out experimental studies, various design and technological characteristics of centrifugal mixers of continuous action were studied. We studied the influence of various machine parameters on the quality of the resulting highly disperse mixture and obtained regression equations describing the mixing process. Determination of the direction and magnitude of the velocity components of the dust-air flows at different points in the working chamber of the centrifugal mixer at various rotational speeds and design modifications of the rotor made it possible to develop a new design for a centrifugal mixer. We have obtained a general picture of the motion of dust-air flows inside a centrifugal mixer, which makes it possible to organize the directed motion of highly dispersed components and eliminate the segregation effect in obtaining highly disperse powder materials used in nanotechnology.

Keywords: mixing, nanomaterials, experimental studies, regression equations, centrifugal mixer

Сегодня применение наноматериалов ограничено вследствие их недостаточной изученности, поэтому ученые все больше и больше времени уделяют подробному исследованию этих материалов, получая новые знания и аккумулируя их с другими для дальнейшего практического использования.

Одним из способов, позволяющих получать наноматериалы, является механическое смешивание высокодисперсных компонентов в поле центробежных сил, поэтому разработка эффективного смесительного оборудования является важной задачей при получении данных наноматериалов, находящихся в разреженном состоянии.

Основные требования, предъявляемые к смесителям непрерывного действия (СНД), такие как обеспечение качественного смешивания, высокая сглаживающая

способность, большая производительность, малые металло- и энергозатраты и др., удовлетворяются в центробежных смесителях. Ряд таких аппаратов, разработанных нами в лаборатории Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университета), отвечают всем перечисленным выше требованиям благодаря организации внутри рабочей камеры смесителя направленной структуры движения материальных потоков.

Отличительной особенностью разработанных центробежных СНД является наличие ротора, выполненного в виде полого усеченного конуса, а также специальных конструктивных решений для создания рециклов или опережающих потоков. Рассмотрим ряд перспективных конструкций смесителей для получения наносмесей.

Интенсификация процесса смешивания в рабочей камере первого представителя класса центробежных СНД [1], разработанных нами, происходит за счет нескольких конструктивных особенностей. Во-первых, за счет установки углообразных турбулизаторов на внутренней поверхности конуса, расположенных под разными углами к его оси вращения. Во-вторых, за счет установки рассеивающего диска на поверхности конуса. В-третьих, внутри корпуса смесителя расположены перфорированные направляющие. Потoki сыпучих компонентов пересекаются внутри аппарата вследствие различных углов наклона и длин углообразных направляющих. За счет этого увеличивается время пребывания частиц внутри аппарата и повышается его сглаживающая способность.

Помимо этого интенсификация процесса смешивания также может достигаться за счет установки гибкого шнека с внешней стороны смесителя [2], обеспечивающего внешнюю рециркуляцию потока материала обратно в рабочую зону, где он смешивается с исходными компонентами, поступившими в аппарат, повышая при этом качество получаемой смеси.

На представленных смесителях были проведены исследования по определению качества получения высокодисперсных наноматериалов. Результаты обработки полученных данных проведены в системе комплексного статистического анализа «Statistica». При исследовании процесса смешивания в центробежном аппарате непрерывного действия с углообразными лопастями в качестве зависимого фактора определяли коэффициент неоднородности V_c . В качестве независимых переменных были взяты: количество углообразных

В табл. 1 представлены показатели качества подобранной модели регрессии. R – коэффициент множественной корреляции. R^2 – коэффициент детерминации – чрезвычайно важная характеристика, показывающая долю общего разброса (относительно средне зависимой переменной), которая объясняется построенной регрессией [5].

Таблица 1

Краткие сведения регрессионного анализа

	Значения анализа для высокодисперсной смеси
Множественный R	0,94547
Множественный R ²	0,89391
Скорректированный R ²	0,88396
F-критерий	89,87548
p-значение	0,00000
Стандартная ошибка оценки	1,55626

Величина коэффициента R^2 для высокодисперсной смеси равна 0,89391. Это свидетельствует о том, что с помощью данной регрессии возможно объяснить более 89% разброса значений переменной относительно средней величины. Величина F -критерия и уровня значимости p необходима для проверки гипотезы о значимости регрессии [3, 4]. Из табл. 1 видно, что построенная регрессия высоко значима, так как уровень значимости для исследуемых смесей равен нулю ($F = 89,9$, а $p = 0,00$) [6].

Для изучения степени вклада независимых переменных (C , n или h) в предсказание коэффициента неоднородности, нами были изучены регрессионные (или B) [6] коэффициенты [7]. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты множественной регрессии для высокодисперсной смеси

	Beta	Std. Err.	B	Std. Err.	t(23)	p-level
Свободный член			10,6	3,015	3,53	0,001284
X1 – переменная C	0,51	0,057	0,113	0,012	8,91	0,000000
X2 – переменная n	-0,041	0,057	-0,002	0,003	-0,71	0,478294
X3 – переменная h	-0,793	0,057	-0,79	0,057	-13,77	0,000000

турбулизаторов $h(4 \div 12$ шт.), скорость ротора $n(750 \div 950$ мин⁻¹) и соотношение ингредиентов $C(1:75 \div 1:125)$.

Чтобы оценить степень зависимости независимых функциональных переменных – $X_1(C)$, $X_2(n)$, $X_3(h)$ и отклика V_c , воспользовались методом множественной регрессии [3, 4].

Величина $Beta$ коэффициентов показывает соответственные вклады [8] каждой из независимой переменной в предположение зависимой переменной V_c [4] и дает возможность сравнить их между собой. Из табл. 2 можно сделать вывод о статической значимости переменных C и h (их значения в таблицах представлены курсивом), поскольку их

значения стремятся к единице. Именно они оказывают наиболее значимое влияние (особенно h , у которого $Beta = 0,8 - 0,9$) на коэффициент неоднородности. Следует отметить отрицательное значение регрессионного коэффициента h для продукта; следовательно, с увеличением количества углообразных турбулизаторов снижается величина V_c . Вклад в регрессию для C имеет положительное значение, поэтому с уменьшением соотношения смешиваемых компонентов также снижается величина коэффициента неоднородности V_c . Незначительно влияет на качество процесса смешивания, по крайней мере в исследуемом диапазоне, частота вращения ротора. В связи с этим исключили данную величину X_2 из регрессионного анализа.

Затем определили уравнения регрессии, которые описывают влияние режимных и технологических параметров исследуемого смесителя на качество смеси, в кодированном и натуральном видах соответственно [3].

$$Y = 24,4135 + 0,1904 \times X_1 - 1,4975 \times X_3 + 0,0014 \times X_2 - 0,001 \times X_1 \times X_3 + 0,0552 \times X_2^2, (1)$$

$$V_c = 25,13753 + 1,61248 \times h - 0,01497 \times C + 0,0896 \times h^2 - 0,00008 \times h \times C + 0,000006 \times C^2. (2)$$

Рассмотрим отклик, описываемый уравнениями (1, 2), за исключением малозначимого коэффициента X_2 [6], представленный на рис. 1.

Проанализировав представленную выше графическую зависимость, можно

сделать вывод о том, что количество углообразных турбулизаторов $h = 12$, в рабочем органе усовершенствованного центробежного СНД (рис. 1), наиболее сильно влияет на качество смеси (коэффициент неоднородности V_c) [3].

При соотношении смешиваемых высокодисперсных компонентов 1:75 достигается минимально допустимое значение V_c . Однако и при соотношении 1:100 готовый продукт можно считать удовлетворительного качества, так как V_c не превышает 10% [4].

Однако, результаты проведенных исследований показали общие недостатки рассмотренных центробежных смесителей, а именно то, что при увеличении центробежной силы высокодисперсные компоненты в смеси поднимаются вверх, в результате этого происходит ее частичное расслоение (сегрегация).

Для устранения сегрегации и управления этими наночастицами необходимо знать их кинетику движения внутри рабочей камеры центробежного аппарата [7]. С этой целью нами были проведены исследования по определению направления и скорости наночастиц материала в смесителе, ротор которого вращался при частотах вращения ($n = 10 \text{ с}^{-1}$, $n = 24 \text{ с}^{-1}$ – граничные минимальная и максимальная частоты вращения). Для того, чтобы наиболее полно представить картину распределения наночастиц внутри аппарата, нами были определены три составляющие пылевоздушного потока: осевая, радиальная и окружная [5].

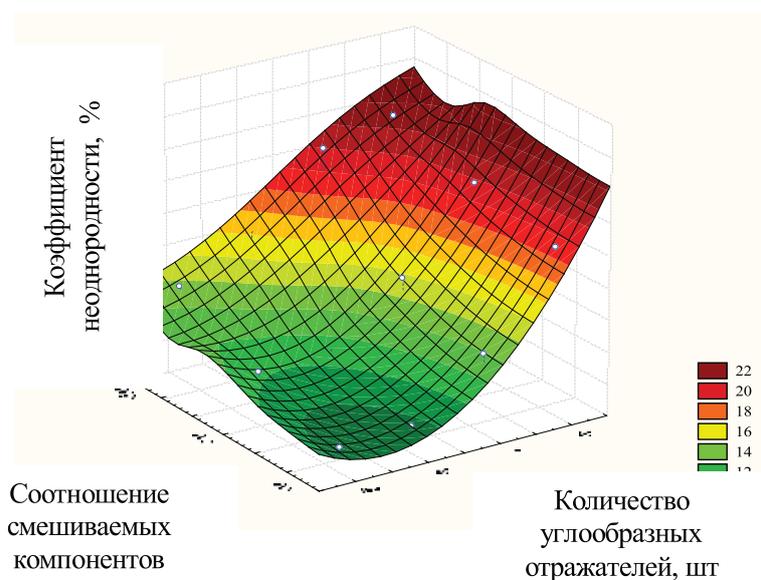


Рис. 1. Поверхность отклика для высокодисперсной смеси

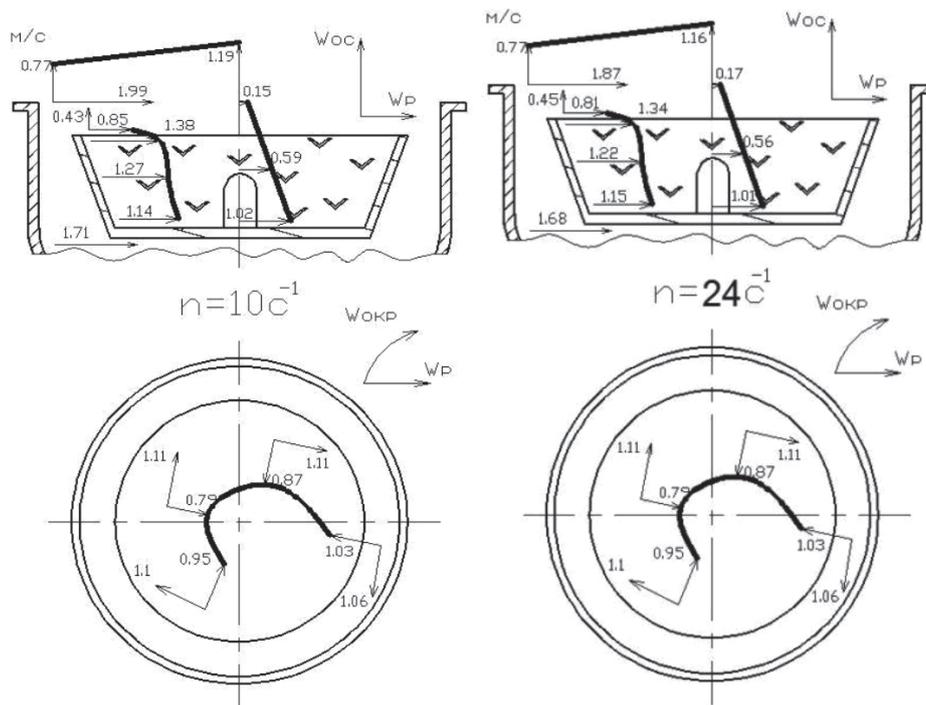


Рис. 2. Эпюры скоростей внутри центробежного смесителя с углообразными турбулизаторами

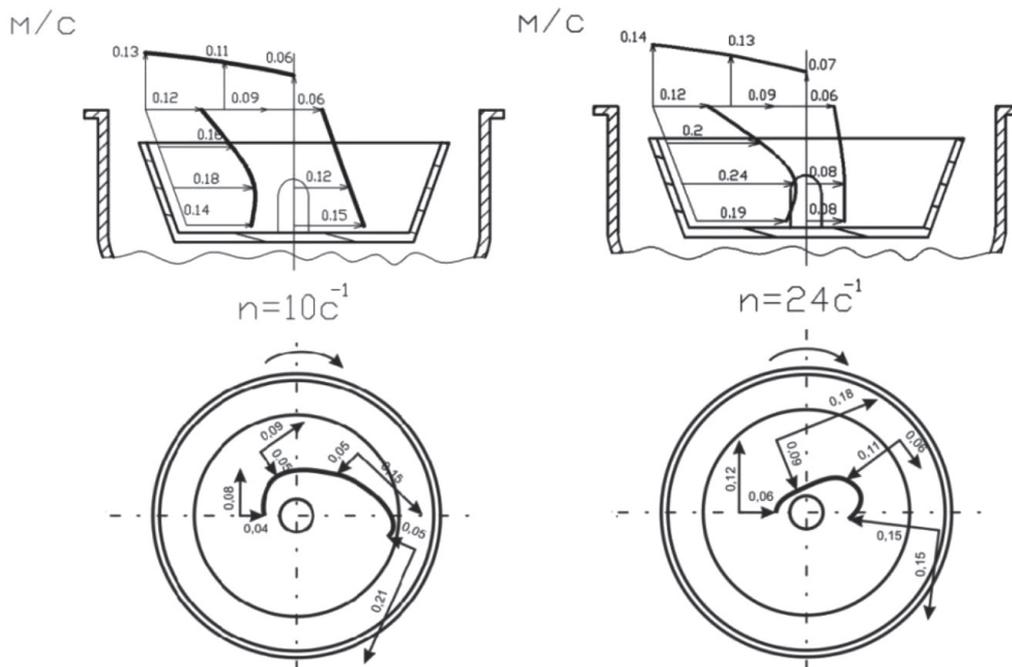


Рис. 3. Эпюры скоростей внутри центробежного смесителя с гибким шнеком

Полученные результаты в виде эпюр распределения средних величин составляющих скорости наночастиц внутри рабочего объема центробежного смесителя представлены на рис. 2, 3.

Из полученных величин составляющих скоростей пылевоздушных потоков можно сделать следующие выводы [4].

Наибольшее значение осевой составляющей скорости W_{oc} достигается на рабочем

органе СНД с углообразными турбулизаторами при частоте вращения ротора 10 с^{-1} . Ее величина на 20% больше, чем на роторе с гибким шнеком. Максимальное значение W_{oc} достижимо при следующих параметрах: частоте вращения ротора 24 с^{-1} , использовании углообразных турбулизаторов. Величины составляющей скорости на данной модификации больше на 12% [3], по отношению к величинам осевой составляющей скорости W_{oc} , замеренной на роторе смесителя с гибким шнеком.

В результате проведенных исследований выяснили, что величины составляющих скорости пылевоздушных и материальных потоков на рабочем органе первого исследуемого смесителя больше на 3% (при частоте вращения ротора равной 10 с^{-1}), чем W_p второго исследуемого смесителя. Максимальное значение величин составляющих скорости, при частоте вращения ротора 24 с^{-1} , достигается [4] на рабочем органе СНД с углообразными турбулизаторами. Величины при этом больше на 20% по отношению к величинам составляющих скоростей материальных потоков в радиальном направлении на роторе СНД с гибким шнеком.

При окружной составляющей скорости, находящейся в диапазоне $0,1..0,15 \text{ м/с}$, наблюдается, что высокодисперсные компоненты частично вовлекаются в воздушное пространство рабочей камеры центробежного смесителя. Дальнейшее увеличение $W_{окр}$ до $0,28 \text{ м/с}$ приводит к образованию вихревых движений [3] высокодисперсных пылевоздушных потоков, что приводит к возникновению явления сегрегации получаемой смеси из наночастиц.

Для устранения сегрегации и увеличения эффективности процесса смешивания наночастиц предлагается установить в верхней части рабочей камеры смесителя конусообразный диффузор. Данное техническое решение позволило организовать направленное движение пылевоздушных потоков в центр ротора, увеличив вихревое движение приблизительно на 40% [3]. Помимо этого, в результате установки диффузора, потоки воздуха пересекаются с потоками наноматериала, находящимися в верхней части рабочей камеры смесителя непосредственно над конусом [3] ротора.

Работа смесителя центробежного типа с направляющим диффузором [9] происходит следующим образом. Сыпучие компоненты подаются на поверхность вращающегося диска ротора через загрузочный патрубок, а затем под действием центробежной силы равномерно движутся по этой поверхности. Далее частицы поднимаются

по поверхности полого тонкостенного усеченного конуса. Помимо этого, с момента движения компонентов по конусу, высокодисперсные частицы движутся вверх в пылевоздушное пространство, а основной поток материала продолжает движение по его поверхности. Высокодисперсные частицы, поднявшись, огибают поверхность направляющего диффузора и стремятся к центру ротора, смешиваясь с новым потоком материала, движущимся по вращающейся поверхности конуса. Достигнув [3] верхней кромки конуса, под действием центробежной силы, полученная смесь падает в пространстве между ротором и корпусом на днище смесителя. Через разгрузочный патрубок смесь выгружается из [10] аппарата разгрузочными лопастями.

В результате проведенных экспериментальных исследований были изучены различные конструктивные и технологические характеристики центробежных смесителей непрерывного действия. Теоретически и экспериментально изучено влияние различных параметров аппарата на качество получаемой высокодисперсной смеси, получены регрессионные уравнения [11–13], описывающие процесс смешивания. Определение направления и величины составляющих скорости пылевоздушных потоков в различных точках рабочей камеры [14] центробежного смесителя при различных [8] величинах частоты вращения и конструктивных модификациях ротора позволило разработать новую конструкцию центробежного смесителя. Благодаря проведенным экспериментальным исследованиям была получена общая картина движения материальных потоков внутри рабочей камеры центробежного смесителя, позволяющая [3] организовать направленное движение высокодисперсных компонентов и устранить эффект сегрегации при получении высокодисперсных порошкообразных материалов, используемых в нанотехнологиях.

Список литературы

1. Пат. 2496561 РФ, МПК В01 F7/26. Центробежный смеситель / Д.М. Бородулин, А.А. Андрюшков, Л.А. Войтикова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности» (Ru). – № 2012125453/05; заявл 19.06.12; опубл. 27.10.2013, Бюл. № 30.
2. Пат. 2523576 РФ. Центробежный смеситель / Иванец В.Н., Бородулин Д.М., Сухоруков Д.В.; заявитель и патентообладатель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – № 2013105870/05; заявл. 12.02.2013; опубл. 20.07.2014, Бюл. № 20.
3. Бородулин Д.М. Повышение эффективности процесса смешивания при получении комбинированных продуктов в смесительных агрегатах центробежного типа: дис. ... докт. техн. наук. – Кемерово, 2013. – 178 с.

4. Иванец В.Н. Исследование направления и скорости воздушных потоков в рабочей камере центробежного смесителя / В.Н. Иванец, Д.М. Бородулин, Д.В. Сухоруков // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 1. – С. 71–74.
5. Боровиков В.П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2013. – 288 с.
6. Сухоруков Д.В. Разработка и исследование центробежного смесителя непрерывного действия с организацией направленного движения материальных потоков: дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2014. – 151 с.
7. Бакин И.А. Интенсификация процессов смешивания при получении комбинированных продуктов в аппаратах центробежного типа: дис. ... док. техн. наук. – Кемерово, 2009. – 320 с.
8. Андриюшков А.А. Разработка и исследование новых конструкций смесителей непрерывного действия центробежного типа для получения комбинированных продуктов: дис. канд. техн. наук. – Кемерово, 2013. – 232 с.
9. Пат. 2545298 РФ, Центробежный смеситель с направляющим диффузором / Бородулин Д.М., Сухоруков Д.В., Ратников С.А.; заявитель и патентообладатель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – № 2013105920/05; заявл. 21.08.2013; опубл 18.06.2015, Бюл. № 19.
10. Просин М.В. Разработка и исследование роторно-пульсационного экстрактора для интенсификации процесса затирания при производстве пива: дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2014. – 150 с.
11. Елисеева И.И. Статистика. Учебник для вузов / И.И. Елисеева. – П.: Питер, 2010. – 360 с.
12. Сергеева И.Ю. Моделирование процесса осветления напитков брожения с помощью вспомогательных средств / И.Ю. Сергеева, А.В. Шафрай, Д.Г. Захаренко // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 3. – С. 58–61.
13. Статистика: учебник для вузов / Под ред. И.И. Елисеевой. – СПб.: Питер, 2010. – 368 с.: ил. – (Серия «Учебник для вузов»).
14. Остроух А.В. Имитационное моделирование неоднородности строительной смеси в горизонтальном барабанном смесителе / А.В. Остроух, Вэй Пью Аунг, Мью Лиан Аунг, Н.Е. Суркова // В мире научных открытий. – 2014. – № 12. – С. 766–779.

УДК 004.89:658.512

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ СБОРКИ НЕРАЗЪЕМНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

Валиев А.М., Панкратов Д.Л.

Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Набережные Челны, e-mail: AjMValiev@kpfu.ru

Применение композиционных металлических изделий позволяет сочетать технические свойства различных марок сталей в одном цельном изделии. На сегодняшний день известны различные способы сборки указанных изделий в неразъемные соединения с достижением заданных показателей качества. Наибольший интерес представляют способы, основанные на пластической деформации. Для данных способов характерным является то, что неразъемное соединение получают совместной пластической деформацией соединяемых элементов без их оплавления. Однако достижение заданной точности геометрических размеров изделия и прочности неразъемного соединения существенно зависит от решений, принимаемых на этапах технологической подготовки и управления технологическим процессом. Для решения поставленной задачи на основе проведенных исследований разработана автоматизированная система моделирования и управления технологическим процессом сборки неразъемного изделия с использованием элементов искусственного интеллекта.

Ключевые слова: автоматизированная система, нечеткая логика, управление, композиционные металлические изделия, пластическая деформация

AUTOMATED SYSTEM OF SIMULATION AND MANAGEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF ASSEMBLY OF UNLIMITED EQUIPMENT WITH PLASTIC DEFORMATION

Valiev A.M., Pankratov D.L.

Kazan (Volga Region) Federal University Branch in Naberezhnye Chelny, Naberezhnye Chelny, e-mail: AjMValiev@kpfu.ru

The use of composite metal products makes it possible to combine the technical properties of various steel grades in one single piece. To date, various ways of assembling these products into one-piece connections with attainment of specified quality indicators are known. The most interesting are methods based on plastic deformation. For these methods, it is characteristic that an integral joint is obtained by joint plastic deformation of the joined elements without melting them. However, the achievement of a given accuracy in the geometric dimensions of the product and the strength of an integral joint is highly dependent on the decisions made at the stages of technological preparation and process control. To solve this problem, an automated system for modeling and controlling the technological process of assembling an all-in-one product using artificial intelligence elements was developed on the basis of the studies carried out.

Keywords: automated system, fuzzy logic, control, composite metal products, plastic deformation

В настоящее время разработка и внедрение в производство автоматизированных систем является одним из перспективных путей повышения эффективности функционирования производственной системы. В связи с этим в промышленно развитых странах научные исследования в данной области рассматриваются как приоритетные направления. Особый интерес представляют вопросы автоматизации технологических процессов обработки металлов давлением. Данные процессы позволяют получать заготовки изделий машиностроения с повышенными эксплуатационными свойствами наряду с минимизацией возможного уровня трудоемкости, затрат на материалы, энергоносители и пр. В частности, автоматизация технологических процессов сборки композиционных металлических изделий посредством пластической

деформации становится на сегодняшний день актуальной задачей.

Применение в машиностроении неразъемных изделий диктуется целым рядом преимуществ, которыми они обладают в сравнении с изделиями, изготовленными из одного материала. Основным из них является значительная экономия дорогих сталей, сплавов и металлов с сохранением уровня эксплуатационных свойств [1].

Среди известных способов изготовления композиционных металлических изделий особое место занимают способы их сборки в неразъемные соединения пластической деформацией. Для данных способов характерным является то, что неразъемное соединение получают совместной пластической деформацией соединяемых элементов при температуре ниже температуры плавления соединяемых металлов [2].

Вследствие этого в зоне соединения элементов изделия практически отсутствуют структурная и химическая неоднородности, которые наблюдаются при сборке при температурах выше температуры плавления.

На рис. 1 схематично представлен способ сборки осесимметричных композиционных металлических изделий, сочетающий в себе как силовое, так и геометрическое замыкание неразъемного соединения [3]. В качестве соединяемых элементов неразъемного изделия выступают фасонная заготовка 2 и внедряемый в нее стержень 1.

Процесс сборки изделия состоит из четырех последовательных этапов:

1. Внедрение стержня: нагрев фасонной заготовки 2 до температуры горячей пластической деформации и внедрение в неё стержня 1 на глубину $l_{\text{вн}}$ (рис. 1, а).

2. Выдержка соединения: прогрев внедренной части стержня в течение времени $\tau_{\text{кр}}$ с целью снижения предела текучести его материала. В качестве источника тепла для прогрева стержня выступает фасонная заготовка.

3. Высадка стержня: заполнение кольцевого зазора 3 материалом стержня за счет его высадки на величину Δl (рис. 1, б).

4. Окончательная сборка изделия: движением кольцевого инструмента 5 на $\Delta H_{\text{д}}$ производят окончательную сборку изделия (рис. 1, в).

На рис. 1, г, представлена 3D-модель элементов в сборе.

Фасонная форма заготовки обеспечивает: на этапе внедрения стержня протекание процесса формоизменения заготовки по схеме открытой прошивки с образованием кольцевого зазора с минимальной бочкообразностью боковой поверхности без утяжины (рис. 1, а), а на этапе высадки стержня – локализацию деформации только во внедренной части стержня, когда формоизменение боковой поверхности ограничено

стенками матрицы (рис. 1, б). Форма и размеры фасонной заготовки должны учитывать особенности пластического формоизменения при открытой прошивке.

Достижение заданных показателей качества сборки неразъемных изделий, таких как точность геометрических размеров изделия, прочность неразъемного соединения, зависит от принимаемых решений, как на этапах технологической подготовки, так и на этапе управления самим технологическим процессом. Решение поставленной задачи возможно только при использовании автоматизированной системы моделирования и управления технологическим процессом сборки неразъемного изделия с использованием элементов искусственного интеллекта.

В результате проведенных исследований разработана автоматизированная система моделирования и управления технологическим процессом сборки неразъемных изделий пластической деформацией, структурная модель которой представлена на рис. 2. Данная система позволяет производить автоматизированную подготовку и управление технологическим процессом сборки композиционных металлических изделий в режиме реального времени. Система состоит из блоков АСТПП и АСУ ТП.

В составе блока АСТПП:

– модуль анализа технологичности: решает задачу о применимости технологии по геометрическим параметрам и проверке на совместимость прочностных свойств соединяемых элементов композиционного металлического изделия;

– модуль моделирования заготовок и параметров технологического процесса: производит расчет размеров фасонной заготовки и стержня; назначает параметры технологического процесса; формирует входные данные для блока АСУ ТП.

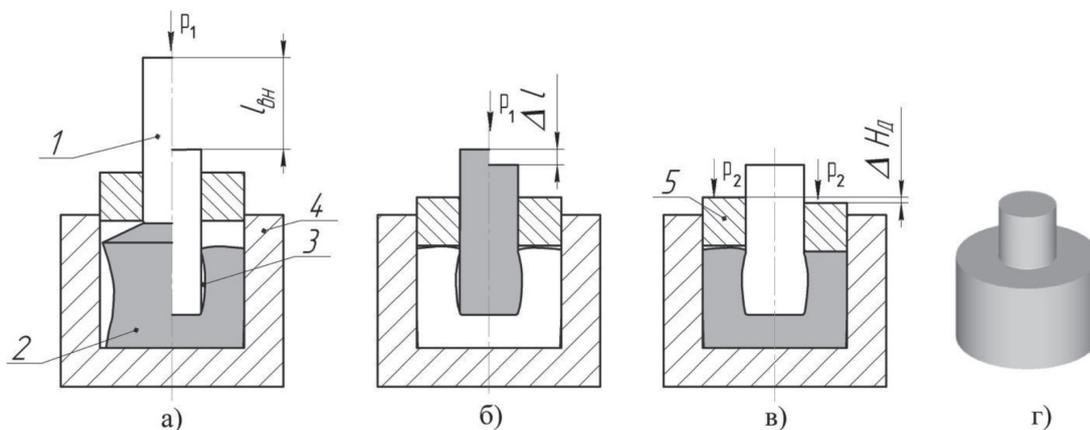


Рис. 1. Схема способа сборки неразъемных изделий

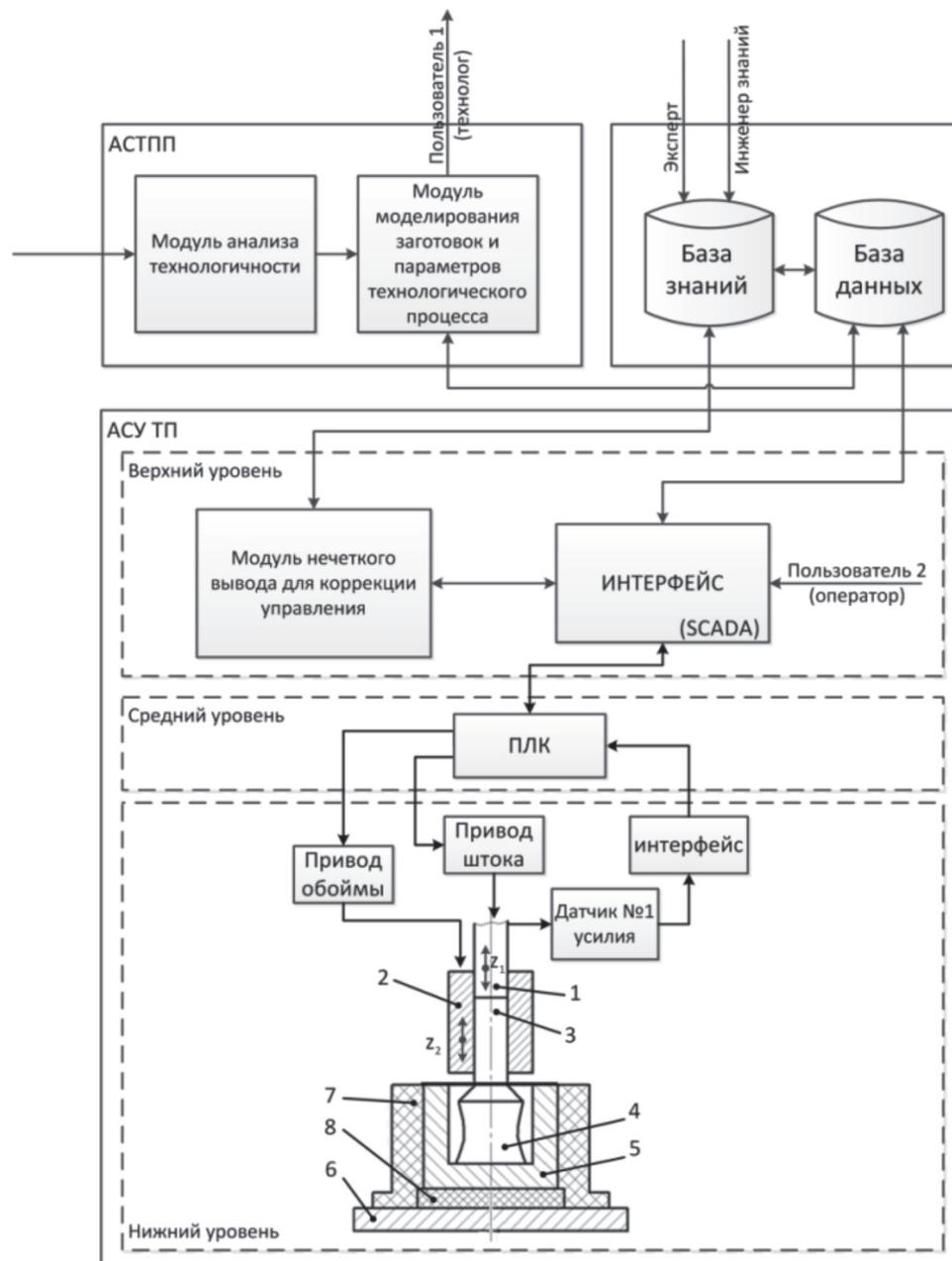


Рис. 2. Структурная модель автоматизированной системы моделирования и управления технологическим процессом сборки неразъемных изделий пластической деформацией:

1 – шток; 2 – обойма; 3 – стержень; 4 – фасонная заготовка; 5 – матрица;

6 – нижняя плита; 7 – теплоизоляционный кожух; 8 – теплоизоляционная прокладка

Блок АСУ ТП построен по трехуровневому принципу:

– Нижний уровень. На данном уровне осуществляется согласование сигналов датчиков с входами устройства управления, а также вырабатываемых команд с исполнительными устройствами.

– Средний уровень. ПЛК (PLC, Programable Logic Controller) на основе данных о состоянии контролируемых параметров

выдает сигналы управления исполнительным устройствам.

– Верхний уровень. Представляет собой интеллектуальную надстройку в виде модуля нечеткого вывода, осуществляющего коррекцию управления процессом сборки на основе нечетких правил в зависимости от данных, получаемых с датчиков нижнего уровня.

Для производственной реализации технологического процесса разработан способ

управления, обеспечивающий сборку композиционного металлического изделия в неразъемное соединение в режиме реального времени с применением нечеткой логики. При данном способе обеспечивается локализация деформации в соединяемых элементах изделия в соответствии с этапами технологического процесса. На рис. 3 представлен пример цикла сборки неразъемного изделия.

В основе способа – управление перемещениями z_1 и z_2 штока прессы 1 и привода обоймы 2 соответственно (см. рис. 2), временем выдержки соединения $\tau_{кр}$ в следующей последовательности (рис. 3):

1. На этапе «внедрения стержня» обеспечивается перемещение привода штока на $z_1 = l_{вн}$, мм. Управление осуществляется ПЛК. Значение $l_{вн}$ рассчитывается на этапе АСТПП и записывается в БД.

2. На этапе «выдержки» обеспечивается время выдержки $\tau = \tau_{кр}$, сек. Управление осуществляется ПЛК.

3. На этапе «высадка стержня» обеспечивается перемещение привода штока на $z_1 = \Delta l$, мм. Управление осуществляется ПЛК. Значение Δl рассчитывается на этапе АСТПП и записывается в БД.

4. На этапе «окончательная сборка» обеспечивается перемещение привода обоймы на $z_2 = \Delta H_d$, мм. Управление осуществляется ПЛК по правилу: Если усилие $P > 0$, то «стоп привод обоймы». Источник информации об усилении – датчик усилия.

Определение реального времени $\tau_{кр}$ традиционными способами ограничено

возможностью измерения температуры как заготовки, так и стержня в зоне соединения. В связи с этим в качестве информативного параметра управления вторым этапом сборки предложено использовать данные о фактическом удельном усилии, полученные на этапе внедрения стержня. Таким образом, по данным с нижнего уровня об удельном усилии на первом этапе сборки модуль нечеткого вывода на основе базы знаний определяет значение $\tau_{кр}$ для реальных условий процесса.

В основе систем нечеткого вывода лежит понятие лингвистической переменной, которая состоит из следующих объектов:

$$\langle X, U, T(x), G, S \rangle, \quad (1)$$

где X – имя переменной; U – универсальное множество; $T(x)$ – нечеткие метки; G и S – синтаксические и семантические правила соответственно [4, 5].

В качестве X задаются следующие параметры процесса сборки неразъемного изделия, а именно:

- D – диаметр корпусного элемента изделия;
- d/D – отношение диаметра стержня к диаметру корпусного элемента изделия после сборки;
- H_0/D_0 – отношение диаметра корпусного элемента изделия к его высоте до сборки;
- p – удельное усилие деформирования по схеме открытой прошивки фасонной заготовки;
- $\tau_{кр}$ – время выдержки соединения.

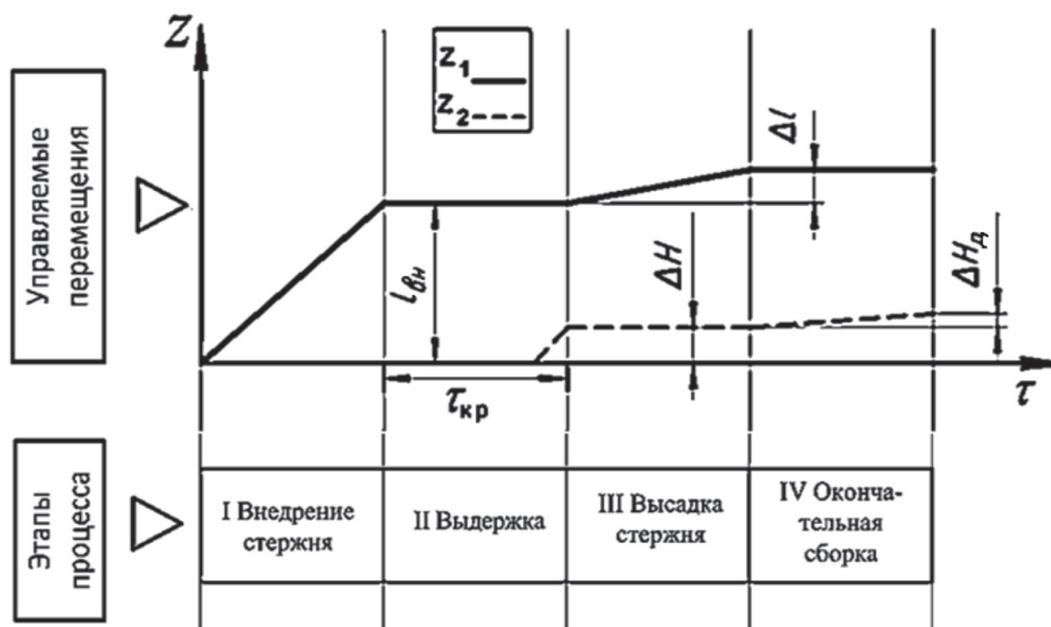


Рис. 3. Пример цикла сборки неразъемного изделия

Универсальное множество U представляет собой множество значений X , которые зависят от параметров объекта управления: D от 20 до 40 мм; d/D от 0,25 до 0,5; H_0/D_0 от 1,0 до 1,5; p от p_{\min} до p_{\max} МПа, $\tau_{кр}$ от $\tau_{кр\min}$ до $\tau_{кр\max}$ сек. Значения p , $\tau_{кр}$ и их диапазоны зависят от реологических и теплофизических свойств материалов соединяемых элементов неразъемного изделия.

Лингвистические переменные D , d/D , H_0/D_0 , p , $\tau_{кр}$ в диапазоне своих значений представляют собой линейные зависимости, вследствие этого в качестве функции принадлежности выбрана треугольная функция, поскольку с помощью нее лучше описываются линейные участки.

Для нахождения значений лингвистических переменных p , $\tau_{кр}$ на границах температурного интервала деформирования материала фасонной заготовки для различных комбинаций переменных D , d/D , H_0/D_0 , были проведены экспериментальные исследования сборки неразъемных изделий на примере изделия: стержень из X12M, фасонная заготовка из стали У10А, нижняя граница температурного интервала деформирования – 1000 °С, верхняя – 1200 °С.

Используя данные лингвистические переменные, разработаны нечеткие правила управления следующего вида:

ЕСЛИ D И d И H_0/D_0 И p ТО $\tau_{кр}$.

Далее производится формирование второго уровня базы знаний следующего вида:

ЕСЛИ $D = 20$ И $d = 0,25$ И $H_0/D_0 = 1,0$
И $p = 247$ ТО $\tau_{кр} = 16$;

ЕСЛИ $D = 20$ И $d = 0,375$ И $H_0/D_0 = 1,0$
И $p = 216$ ТО $\tau_{кр} = 11,5$;

.....

ЕСЛИ $D = 40$ И $d = 0,5$ И $H_0/D_0 = 1,5$
И $p = 216$ ТО $\tau_{кр} = 58$.

На основе разработанной базы знаний определяются нечеткие управляющие значения, с помощью которых производится процесс дефаззификации – преобразование нечетких величин в четкие, с помощью которых осуществляется управление выдержкой соединения. Для дефаззификации используется алгоритм Мамдами [6, 7].

Для проверки адекватности управляющей модели проведено сравнение экспериментальных и данных значений $\tau_{кр}$, по-

лученных в результате нечеткого вывода, и вычислена величина среднеквадратичной ошибки. Значение среднеквадратичной ошибки составило 2,74%, что обеспечивает необходимую точность при управлении процессом сборки в реальных условиях.

Была произведена апробация разработанной системы для технологии изготовления составного инструмента для пробивки отверстий, представляющего собой неразъемное изделие из сталей X12M (стержень) и У10А (фасонная заготовка) с $d = 12$ мм; $D = 31$ мм; $H = 21$ мм; $l_{св} = 15$ мм. При изготовлении пуансона из стали У10А стойкость его составляет 40–80 тыс. ударов, а из X12M – 150–200 тыс. ударов.

По результатам механических испытаний образцов предел прочности неразъемного соединения на разрыв составил 241–265 МПа на единицу площади контактной поверхности соединяемых элементов изделия. Проведен анализ геометрической точности полученного неразъемного изделия, в результате которого получено значение отклонения по массе изделия равное 7,57%.

Таким образом, получено композиционное металлическое изделие с отклонением геометрических параметров в пределах диапазона точной горячей объемной штамповки, который равен 5–25% по массе (объему) поковки, что позволяет использовать его в различных областях машиностроения.

Список литературы

1. Шибakov В.Г., Калашников В.И., Соколова Ю.А. и др. Производство композиционных материалов в машиностроении: учеб. пособие. – М.: КНОРУС, 2008. – 96 с.
2. Материаловедение. Технология композиционных материалов: учебник / А.Г. Кобелев, М.А. Шаронов, О.А. Кобелев, В.П. Шаронова. – М.: КноРус, 2016. – 270 с.
3. Pankratov D.L., Shibakov V.G., Valiev A.M., Valieva R.F. Technology of manufacturing of multiple core stamp tools by plastic deformation // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – № 86(1).
4. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. – 2-е изд. (эл.): учебное электронное издание / А. Пегат. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний., 2013. – 801 с.
5. Илюхин А.Н. Применение нечеткой логики в автоматизированной системе испытаний дизельных двигателей с использованием метода Саати: дис. ... канд. техн. наук (05.13.06) / Илюхин Алексей Николаевич; Кам. гос. инж.-экон. акад. – Набережные Челны, 2009. – 122 с.
6. Khosravian R., Sabah M., Wood D.A., Shahryari A. Weight on drill bit prediction models: Sugeno-type and mamdani-type fuzzy inference systems compared // Journal of Natural Gas Science and Engineering. – 2016. – № 36. – P. 280–297.
7. Chen Y., Wang D., Tong S. Forecasting studies by designing mamdani interval type-2 fuzzy logic systems: With the combination of BP algorithms and KM algorithms // Neurocomputing. – 2016. – № 174. – P. 1133–1146.

УДК 621.43:62-232.174:001.5:539.319

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОСНОВНОЙ НАГРУЗКИ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ШАТУНА

Гоц А.Н.

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: hotz@mail.ru

Проведен расчет коэффициента основной нагрузки резьбового соединения для шатуна с прямым разъемом кривошипной головки, который равен отношению суммы коэффициентов податливости стягиваемых деталей к сумме коэффициентов податливости стягиваемых деталей, болта, гайки. Для экспериментальной проверки полученных расчетных результатов было проведено тензометрирование шатунных болтов при нагружении шатунов статической нагрузкой. Напряжение при затяжке шатунных болтов не проверялось, а шатунные болты были затянуты моментом, установленным в технической документации. Три тензометра наклеивались на внешней стороне стержня болта на одинаковом расстоянии друг от друга. Это позволило получить сравнительно простые формулы для определения напряжений в поперечном сечении стержня болта и определить не только напряжения растяжения, но и изгиба. Напряжение от растягивающей силы, действующей при этом в поперечном сечении стержня болта, определялось как среднее из показаний трех тензорезисторов. По этим показаниям определялось усилие, приходящееся на болт. Поскольку шатуны имеют прямой разъем кривошипной головки, то на каждую плоскость разъема между крышкой и кривошипной головкой действует половина силы, которой нагружается шатун. Отношение вычисленной нагрузки в поперечном сечении шатунного болта к нагрузке, действующей на стык, определяет коэффициент основной нагрузки резьбового соединения. Полученные результаты экспериментальных исследований позволяют применить полученные результаты при расчете шатунных болтов, особенно при действии переменных нагрузок.

Ключевые слова: резьбовое соединение, стык, шатунный болт, кривошипная головка, податливость, напряжение

CALCULATION AND EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF THE MAIN LOAD OF THE THREADED CONNECTION OF THE CONNECTING ROD

Gots A.N.

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

We carried out the calculation of the coefficient of the main load of the threaded connection of the rod with direct joint of the crank head, which is equal to the sum of the coefficients of compliance of contractible parts to the sum of the coefficients of compliance of contractible parts, bolt, nut. For experimental verification of the obtained results we was carried out strain gauge connecting rod bolts connecting rod when it loaded by static loading. We have not checked the stresses when tightening connecting rod bolts and connecting rod bolts were tightened using a torque established in the technical documentation. Three strain gauges were glued on the outside of the rod bolts at the same distance from each other. It is possible to obtain relatively simple formulas for determining the stresses in the cross section of the rod bolt and determine not only tensile stress but also bending. Tension from the tensile force acting at this cross-section of the rod bolt was determined as the average of readings of three strain gages. By these readings was determined by the force per bolt. Since the connecting rods have a straight joint of the crank head, then the force distributes on each plane of the joint half of force. When we take the ratio of calculated load in the cross section of the connecting rod bolt to the load acting on the joint, then we determines the coefficient of the main load of the threaded connection. We got the results of experimental studies that allow us to apply the results in the calculation of the connecting rod bolts, especially under the action of variable loads.

Keywords: threaded connection, joint, connecting rod bolt, crank head, compliance, stress

При работе поршневого двигателя на такте впуска на шатун кроме усилия предварительной затяжки действует переменная растягивающая нагрузка, изменяющаяся по пульсирующему циклу. Как известно, величина этой силы зависит от податливостей шатунного болта и стягиваемых болтом частей кривошипной головки или от коэффициента основной нагрузки резьбового соединения χ . Строго говоря, усилие предварительной затяжки резьбового соединения также должно выбираться в зависимости от этого коэффициента. Между тем в учебниках, справочниках в разделах рас-

чета шатунных болтов предлагается принимать $\chi = 0,15 \dots 0,25$ [1, 2], ссылаясь на «статистические данные». Во-первых, расхождение в значении этого коэффициента почти на 70% сразу же вызывает сомнение в действительном значении этой величины. Во-вторых, для современных шатунов автомобильных или тракторных двигателей значение χ нужно выбирать как среднее между этими величинами? Между тем при расчете шатунов значение коэффициента χ может быть вычислено или определено экспериментально с погрешностью не более 10%. Для этого нужно признать, что в шатунах

с прямым разъемом резьбовое соединение может быть рассчитано по известной методике или определено экспериментально.

Методика исследования напряженного состояния шатунных болтов при их затяжке изложена в работе [3]. Поэтому, опираясь на этот метод исследования, применим его для экспериментального определения коэффициента основной нагрузки резьбового соединения. Вкратце изложим суть методики.

На стержень шатунного болта на равных расстояниях друг от друга по окружности через 120° наклеивают три тензорезистора, которые позволяют определить напряжения в точках $\sigma_{A_1}, \sigma_{B_1}, \sigma_{C_1}$ в поперечном сечении шатунного болта. При нагружении болтов внешней нагрузкой напряжения растяжения σ_{ras} определяются, как среднее значение из этих трех показаний:

$$\sigma_{ras} = \frac{1}{3}(\sigma_{A_1} + \sigma_{B_1} + \sigma_{C_1}). \quad (1)$$

По данным измерений можно также определить напряжения изгиба σ_{izg} :

$$\sigma_{izg} = \frac{\sqrt{3}}{3}(\sigma_{B_1} - \sigma_{C_1})\sin\alpha_0 - \frac{1}{3}(\sigma_{B_1} + \sigma_{C_1} - 2\sigma_{A_1})\cos\alpha_0, \quad (2)$$

где

$$\sin\varphi_0 = -\frac{\sqrt{3}(\sigma_{B_1} - \sigma_{C_1})}{\sqrt{(\sigma_{B_1} + \sigma_{C_1} - 2\sigma_{A_1})^2 + 3(\sigma_{B_1} - \sigma_{C_1})^2}},$$

$$\cos\varphi_0 = \frac{\sigma_{B_1} + \sigma_{C_1} - 2\sigma_{A_1}}{\sqrt{(\sigma_{B_1} + \sigma_{C_1} - 2\sigma_{A_1})^2 + 3(\sigma_{B_1} - \sigma_{C_1})^2}}. \quad (3)$$

После определения σ_{ras} и σ_{izg} можно определить максимальное σ_{max} и минимальное напряжение σ_{min} в поперечном сечении болта.

При экспериментальном определении коэффициента основной нагрузки внешняя сила прикладывается к шатуну, болты которого затянуты до усилия, установленного в конструкторской документации. Эти усилия мы учитывать никак не будем, так как болты при сборке шатунов затягивались ключом предельного момента, что может давать погрешность в определении усилия до 30% [4]. Схема нагружения шатуна внешней нагрузкой приведена на рис. 3, из которой следует, что деформация кривошипной головки вызывает изгиб шатунных болтов.

Так как в данном случае имеем прямой разъем кривошипной головки, то на каждую из линий разъема действует усилие $N_r = N_v/2$, где N_v – внешняя нагрузка, растягивающая шатун (см. рис. 3).

В затянутом состоянии на шатунный болт действует сила равная [4]

$$N_b = \chi N_r. \quad (4)$$

Если при ступенчатом нагружении шатуна внешними силами определить по формуле (1) напряжения растяжения σ_{ras} , то усилие, приходящееся на шатунный болт равно

$$N_b = \sigma_{ras} F_{sb}, \quad (5)$$

где F_{sb} – площадь поперечного сечения стержня болта, на котором наклеены тензорезисторы.

При известных значениях N_b и N_r из формулы (4) определяем коэффициент основной нагрузки резьбового соединения χ .

Приведем пример экспериментального определения коэффициента χ для резьбового соединения шатунов дизеля 4ЧН 10,5/12 (Д-145Т). На рис. 1 приведен чертеж шатуна этого дизеля, а на рис. 2 – шатунного болта. Площадь поперечного сечения стержня болта, где наклеивались тензорезисторы, $F_{sb} = 113 \text{ мм}^2$ (диаметр стержня $d_s = 12 \text{ мм}$). В соответствии с технической документацией шатунные болты были затянуты ключом предельного момента до величины $M_z = 115 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Напряжения в шатунных болтах при затяжке не измерялись.

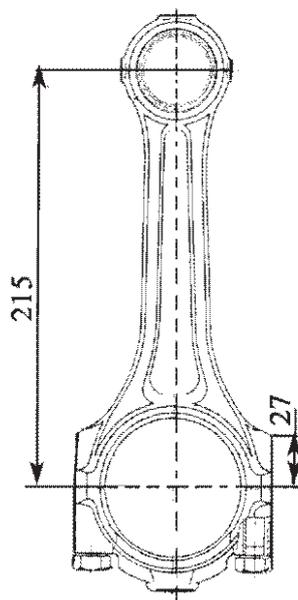


Рис. 1. Шатун дизеля 4ЧН 10,5/12

Далее шатун устанавливался в испытательную машину и нагружался внешними силами 19, 20, 30 и 40 кН. Результаты экспериментального определения напряжений в шатунном болте при этих нагрузках приведены в табл. 1.

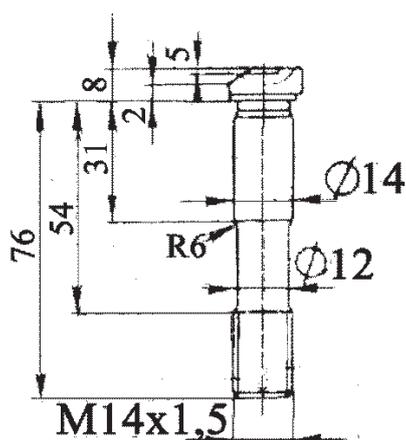


Рис. 2. Шатунный болт

Результаты расчета коэффициента основной нагрузки резьбового соединения шатуна приведены в табл. 2. В столбце 5 по формуле (5) определены дополнительные усилия, если на шатун действует внешняя нагрузка N_v , 10, 20, 30 и 40 кН.

Если разделить теперь данные в столбце 5 – усилия N_b на величину силы N_v , действующей в стыке между кривошипной головкой и крышкой шатуна, то получим значение коэффициента χ (результаты расчета в столбце 6 табл. 2).

Анализ полученных результатов проведем после расчетного определения коэффициента χ для резьбового соединения шатуна дизеля 4ЧН 10,5/12 (Д-145Т) с использованием известной методики [5]. Для проведения расчетов на рис. 1 приведен чертеж шатуна этого дизеля, а на рис. 2 – шатунного болта.

Приведем основные параметры для проведения расчетов: длина шатунного болта $l_b = 76$ мм; длина призонного участка его (для центрирования крышки) диаметром $d = 14$ мм (площадь поперечного сечения $F_c = 153 \cdot 10^{-6}$ м²) $l_c = 30$ мм; длина стержня болта диаметром $d_s = 12$ мм, $l = 23$ мм, площадь поперечного сечения $F_s = 133 \cdot 10^{-6}$ м²; длина резьбовой части $l_r = 22$ мм, шаг резьбы $P = 1,5$ мм; внешний диаметр резьбы $d = 12$ мм, внутренний диаметр резьбы $d_1 = 10,16$ мм, площадь поперечного сечения по внутреннему сечению резьбы $F_1 = 88,2 \cdot 10^{-6}$ м². Высота гайки $h = 20$ мм, высота головки болта $h_b = 10$ мм.

Коэффициент основной нагрузки резьбового соединения χ равен

$$\chi = \frac{\lambda_d}{\lambda_d + \lambda_b}, \quad (6)$$

где λ_d – сумма коэффициентов податливости стягиваемых деталей (деталей системы корпуса); $(\lambda_d + \lambda_b)$ – сумма коэффициентов податливости стягиваемых деталей и болта.

Таблица 1

Напряжения в поперечном сечении стержня шатунного болта (затяжки моментом $M_z = 115$ Н·м) после приложения к шатуну внешних продольных сил

Продольная сила, Н	Напряженное состояние в трех точках на наружной поверхности болта, МПа			σ_{max} , МПа	σ_{min} , МПа	$\sin\varphi_0$	Напряжения растяжения $\sigma_{рас}$, МПа	Напряжение изгиба $\sigma_{изг}$, МПа	$\sigma_n/\sigma_p \times 100\%$
	σ_{A1}	σ_{B1}	σ_{C1}						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10000	4,7	15,2	4,3	10,5	5,6	-0,8818	8,06	2,17	26
20000	8,2	34,3	6,3	19,2	14	-0,8948	16,27	4,12	25
30000	12,5	49,4	8,6	25,3	21	-0,9061	23,5	5,18	22
40000	26,6	56,7	18,5	34,1	29,7	-0,8894	31,93	5,69	18

Таблица 2

Исходные данные для расчета коэффициента основной нагрузки резьбового соединения χ

№ п/п	Внешние нагрузки N_v , Н	Нагрузка, действующая на стык N_p , Н	Напряжения растяжения $\sigma_{рас}$, МПа	Расчетная нагрузка, действующая на болт N_b , Н	Коэффициент основной нагрузки χ
1	2	3	4	5	6
1	10000	5000	8,06	910,78	0,1822
2	20000	10000	16,27	1838,51	0,1839
3	30000	15000	23,5	2655,5	0,1771
4	40000	20000	31,93	3608,09	0,1804
5	Среднее значение				0,1809

Для болта переменного сечения [5]

$$\lambda_b = \frac{1}{E_b} \sum_{i=1}^n \frac{l_{bi}}{F_{bi}} = \frac{1}{2 \cdot 10^{11}} \left(\frac{0,031}{155 \cdot 10^{-6}} + \frac{0,022}{113 \cdot 10^{-6}} + \frac{0,023}{88,2 \cdot 10^{-6}} \right) = 2,8817 \cdot 10^{-9} \text{ м/Н}, \quad (7)$$

где $E_b = 2,1 \cdot 10^{11}$, Н/м² – модуль упругости материала болта; l_{bi} и F_{bi} – соответственно длина и площадь поперечного сечения i -го участка болта (см рис. 2).

Учитывая, что длина болта $l_b = 6,3d$ (ближе к короткому), учтем податливость головки болта, гайки и резьбы.

Податливость головки болта и гайки равна [5]

$$\lambda_{gb} + \lambda_g = \frac{0,15}{E_b h_{gb}} + \frac{0,15}{E_g h_g} = \frac{0,15}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,008} + \frac{0,15}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,01} = 1,6428 \cdot 10^{-10} \text{ м/Н}. \quad (8)$$

Здесь $E_b = 2,1 \cdot 10^{11}$, Н/м² и $h_{gb} = 0,008$ м – модуль упругости материала болта и высота головки его соответственно; $E_g = 2,0 \cdot 10^{11}$, Н/м² и $h_g = 0,01$ м – модуль упругости материала гайки и высота ее соответственно.

Податливость резьбы вычислим по формуле ($d/P = 8$; $d = 12$ мм – диаметр резьбы; $P = 1,5$ мм – шаг резьбы) [5]:

$$\lambda_r \approx 0,85 \frac{1}{d E_b} = 3,3730 \cdot 10^{-10} \text{ м/Н}.$$

Суммарная податливость системы болта равна

$$\sum \lambda_b = \frac{1}{E_b} \sum_{i=1}^n \frac{l_{bi}}{F_{bi}} + \lambda_{gb} + \lambda_g + \lambda_r = 3,3833 \cdot 10^{-9} \text{ м/Н}.$$

Коэффициент податливости стягиваемых деталей (части крышки и кривошипной головки, см. рис. 1) определим по формуле [5]:

$$\lambda_d = \frac{4,6}{E_d \pi d_0 \operatorname{tg} \alpha} \cdot \lg \frac{(a + d_0)(a + l \operatorname{tg} \alpha - d_0)}{(a - d_0)(a + l \operatorname{tg} \alpha + d_0)} = 5,6228 \cdot 10^{-10} \text{ м/Н}. \quad (9)$$

В формуле (9) – $E_d = 2,1 \cdot 10^{11}$, Н/м² – модуль упругости материала шатуна; $d_0 = 0,0141$ м – диаметр отверстия под болт; $a = 0,01995$ м – внешний диаметр опорной поверхности гайки; $l = 0,054$ м – длина стягиваемых деталей (см. рис. 1); $\operatorname{tg} \alpha = 0,4$, где α – угол, составленный образующей конуса с осью [5].

Если подставить вычисленные значения в формулу (6), то получим

$$\chi = \frac{5,6228 \cdot 10^{-10}}{5,6228 \cdot 10^{-10} + 3,3833 \cdot 10^{-9}} = 0,1425.$$

Анализ экспериментальных и расчетных исследований

Представим, что экспериментальные исследования проведены с общей относительной погрешностью измерений $\pm 9\%$. По-

грешности могут возникнуть при наклейке тензорезисторов (смещение от оси стержня болта), при считывании результатов измерения, в определении усилия нагружения. Общую погрешность выбрали из условия, что по всем трем измерениям относительная погрешность составляет не более 5%.

Тогда коэффициент основной нагрузки резьбового соединения шатунов с диаметром шатунной шейки $d = 60 \dots 105$ мм должен составлять $0,18 \pm 0,0162$.

Что касается изгиба шатунных болтов при нагружении шатуна продольной силой, то это вызвано деформацией кривошипной головки. Схема такого деформирования кривошипной головки приведена на рис. 3.

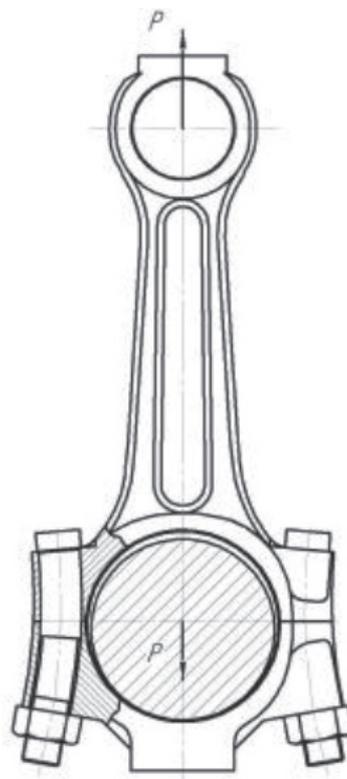


Рис. 3. Схема деформации кривошипной головки при нагружении шатуна продольной силой

В этом отношении возникает правомерный вопрос о правильности расчетного коэффициента основной нагрузки резьбового соединения, так как по сравнению с экспериментальным значением погрешность определения составляет около 21%.

Проанализируем причину такой погрешности. Из расчетного исследования следует, что расчетный коэффициент податливости стягиваемых деталей (части кривошипной головки) должен быть примерно на 32...33% больше (стягиваемые детали должны быть более жесткими). Действительно, если принять $\lambda_d = 7,4783 \cdot 10^{-10}$ м/Н, только тогда $\chi = 0,18$.

При расчете мы полагали в соответствии с расчетными данными, что стягиваемые детали свободные, не связаны с другими деталями. Но в действительности при затяжке шатунных болтов обеспечивается плотность стыка между кривошипной головкой и крышкой, причем стыковое сечение принадлежит статически неопределимой системе (кривошипной головке). Эту особенность никак не учитывает принятый в теории резьбовых соединений расчет податливости стягиваемых деталей. В то же время при экспериментальных исследованиях усилие на шатунный болт при нагружении шатуна продольной силой получает-

ся естественным исходя из действительного соотношения жесткостей шатунного болта и кривошипной головки.

Выводы

Проведенные расчетно-экспериментальные исследования по определению коэффициентов податливости резьбовых соединений шатунов тракторных дизелей показали [3, 6], что при расчете шатунных болтов для шатунов с диаметром шатунной шейки $d = 60...105$ мм должен составлять $0,18 \pm 0,0162$.

Список литературы

1. Чайнов Н.Д., Иващенко Н.А. и др. Конструирование двигателей внутреннего сгорания / Под ред. Н.Д. Чайнова. – М.: Машиностроение, 2010. – 496 с.
2. Иосилевич Г.Б., Лебедев П.А., Стреляев В.С. Прикладная механика. – М.: Машиностроение, 2013. – 576 с.
3. Гоц А.Н. Исследование напряженного состояния шатунных болтов при их затяжке // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 2, № 8. – С. 88–93.
4. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин. – М.: Высшая школа, 2008. – 408 с.
5. Иосилевич Г.Б., Лебедев П.А., Стреляев В.С. Прикладная механика. – М.: Машиностроение, 2013. – 576 с.
6. Гоц А.Н. Расчет шатунных болтов с учетом изгиба // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей: материалы XII Международной научно-практической конференции / Под ред. В.В. Эфроса, А.Н. Гоца. – Владимир: Владим. гос. ун-т, 2010. – С. 307–311.

УДК 620.22:666.3

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СВЕТОПРОПУСКАЮЩЕЙ YSZ-КЕРАМИКИ МЕТОДАМИ ХОЛОДНОГО СТАТИЧЕСКОГО ОДНООСНОГО И УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРЕССОВАНИЯ С ПОСЛЕДУЮЩИМ СВОБОДНЫМ СПЕКАНИЕМ

Двилис Э.С., Хасанов О.Л., Пайгин В.Д., Толкачев О.С.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск,
e-mail: vpaygin@mail.ru

В работе выполнена оптимизация режимов изготовления светопропускающей керамики на основе кубического диоксида циркония (ZrO_2), стабилизированного 10 мол. % оксида иттрия (Y_2O_3) из коммерческих нанопорошков иттрий-стабилизированного диоксида циркония (YSZ) TZ-10YS (TOSOH, Япония). Исследовано влияние давления прессования (от 50 МПа до 800 МПа) и температуры спекания (от 1300 °С до 1650 °С) на плотность и характеристики микроструктуры керамических образцов, полученных методом статического одноосного прессования при комнатной температуре с последующим свободным спеканием в воздушной атмосфере. Методом одноосного прессования под действием мощного ультразвука с последующим спеканием в выбранных режимах получены светопропускающие керамические образцы плотностью до 98%. Определено влияние ультразвукового воздействия при прессовании на микроструктурные характеристики, упругопластические и оптические свойства спеченных керамических образцов YSZ.

Ключевые слова: YSZ, упругопластические свойства, оптические свойства, свободное спекание, ультразвуковое прессование

MANUFACTURING OF TRANSLUCENT YSZ-CERAMIC BY STATIC UNIAXIAL PRESSING AT POWERFUL ULTRASOUND ASSISTANCE WITH FOLLOWING FREE SINTERING

Dvilis E.S., Khasanov O.L., Paygin V.D., Tolkachev O.S.

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: vpaygin@mail.ru

The work aim was optimization of the processing conditions to obtain translucent ceramics based on cubic zirconia (ZrO_2) stabilized with 10% mol yttria (Y_2O_3) from commercial nanopowders of yttrium-stabilized zirconia TZ-10YS (TOSOH, Japan). The samples have been manufactured by the static uniaxial pressing at room temperature with subsequent free sintering in air environment. The effect of the powder compaction pressure (50 – 800 MPa) and sintering temperature (1300–1650 °C) on the density and microstructure of the sintered ceramics was investigated. Translucent ceramic samples having density up to 98% were obtained by the method of static uniaxial pressing at powerful ultrasound assistance (PUA) and with subsequent sintering. The effect of PUA on the microstructure, elastoplastic and optical properties of sintered YSZ ceramic samples was investigated.

Keywords: YSZ, elastoplastic properties, optical properties, conventional sintering, ultrasound pressing

С каждым годом возрастает интерес к керамике на основе иттрий-стабилизированного диоксида циркония (YSZ). Расширяются области её применения. Этот материал сочетает в себе высокие механические и функциональные свойства, он прозрачен для электромагнитного излучения в широком диапазоне длин волн (от 300 нм до 2500 нм) и обладает аномально высоким показателем преломления (около 2.2 в видимой области спектра). В связи с этим использование YSZ-керамики представляется перспективным в оптоэлектронике, для производства новых источников света и в квантовой оптике [1–3].

В настоящее время прозрачную и светопропускающую керамику на основе диоксида циркония получают в основном методами горячего прессования и электроимпульсного плазменного спекания, что подробно описано в обзорных работах [1, 2]. О получении прозрачной керамики на основе ZrO_2 методами прессования с после-

дующим свободным спеканием сообщается лишь в одной работе [4].

Известно, что микроструктура керамики вносит неотъемлемый вклад в оптические свойства. В случае поликристаллических материалов, имеющих кубический тип кристаллической решетки, пористость является решающей микроструктурной особенностью, определяющей оптические свойства материала. Каждая пора представляет вторую фазу с отличным от керамического материала значением показателя преломления. Это приводит к отражению и преломлению света при его прохождении через поры. Однако эффективность рассеяния света на порах зависит от их размера. В материалах, размеры пор которых сопоставимы с длиной волны проходящего света, происходит максимальное рассеяние. Поэтому для получения прозрачной керамики необходимо свести пористость к минимуму (<1%) и ограничить размеры пор на-

норазмерным диапазоном (<100 нм), при котором рассеяние проходящего света по-прежнему становится минимальным [5–7].

Еще одной микроструктурной особенностью, оказывающей значительное влияние на оптические свойства, является размер зерна. Его вклад наиболее значим для материалов, кристаллическая решетка которых отлична от кубической, а оптические свойства в разных кристаллографических направлениях анизотропны. Преломление света происходит на границах зерен, поскольку каждое зерно имеет свое значение показателя преломления. В этом случае, получение прозрачной керамики возможно при обеспечении малого размера зерна, не выходящего из наноразмерного диапазона [6, 7].

Таким образом, основной проблемой, возникающей при производстве прозрачной керамики, является выполнение противоречивых требований: достижение беспористого состояния при сохранении субмикронных размеров зерен. С одной стороны, необходимо ограничить процесс рекристаллизации, приводящий к росту зерен спекаемой керамики, чего можно добиться путем понижения длительности и температуры спекания. С другой стороны, керамика должна оставаться высокоплотной, что обычно достигается увеличением длительности и температуры спекания. В связи с этим большое значение играет оптимизация режимов спекания, позволяющая получить прозрачную керамику с приемлемым сочетанием морфологических характеристик и с необходимыми физико-механическими свойствами [5, 8, 9].

Еще одной существенной проблемой является сохранение требуемого фазового состава, структуры и чистоты материала в процессе прессования, что не может быть в полной мере обеспечено традиционными методами компактирования нанопорошка. В связи с этим актуальным является использование методов, не требующих больших затрат, не использующих потенциально загрязняющих пластификаторов и позволяющих получить керамику с равномерной плотностью и минимальной остаточной пористостью. К таким методам относятся, в частности, ультразвуковое и коллекторное прессование с последующим спеканием.

В настоящей работе проведено исследование влияния температуры спекания и давления прессования на размеры зёрен и плотность керамики. Оценено влияние ультразвукового воздействия на оптические и физико-механические свойства YSZ-керамики.

Материалы и методы исследования

Для изготовления образцов светопропускающей керамики был использован коммерческий гранулированный нанопорошок иттрий-стабилизированного диоксида циркония TZ-10YS (TOSOH, Япония), доля стабилизатора (Y_2O_3) в котором составляет 10 мол. %.

Исследование морфологических характеристик исходного нанопорошка проводили путём анализа микрофотографий, полученных на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ – JEOL, JSM-7500FA). Анализ исходного сырья по данным СЭМ показал, что нанопорошки состоят из первичных частиц, размер которых находится в диапазоне от 36 до 184 нм, и агломератов размерами до одного микрона. Форма частиц близка к сферической. По данным лазерной дифракции (SALD-7101, Shimadzu, Япония) частицы порошка имеют размеры от 146 нм до 1,9 мкм, средний размер частиц – 476 нм. По данным БЭТ (СОРБИ-М, МЕТА, Россия), удельная поверхность порошка составляет 5,13 м²/г. Анализ результатов РФА (XRD-7000, Shimadzu, Япония) показал, что исходный нанопорошок полностью состоит из кубического диоксида циркония с размерами первичных структурных элементов (областей когерентного рассеяния) 172 нм. Посторонние примеси не обнаружены.

Степень агломерации порошка, рассчитанная как отношение средних размеров частиц определенного методом лазерной дифракции к среднему размеру частиц, рассчитанному на основе данных полученных методом БЭТ, составила 2,43.

Формование нанопорошка осуществляли методом холодного статического одноосного прессования в стальных пресс-формах под одновременным воздействием ультразвуковых колебаний [10] при давлении 50–800 МПа на автоматическом прессе ИП-500 АВТО (ЗИПО, Россия).

Спекание проводили в высокотемпературной печи ЛНТ 02/18 (Nabertherm, Германия) в воздушной атмосфере при температурах 1300–1650 °С с контролируемой скоростью нагрева и остывания. Выдержку при максимальной температуре варьировали от 2 до 12 часов.

В результате были получены керамические образцы цилиндрической формы, высотой 1,1–3,3 мм, диаметром 11,5 мм, пропускающие свет. Плотность образцов оценивали путем измерения массы и линейных размеров образцов.

Механическую обработку поверхности образцов проводили при помощи шлифовально-полировальной системы EcoMet 300 Pro (Buehler, Германия) с применением алмазных суспензий MetaDi (Buehler, Германия).

Исследование упругопластических характеристик и микротвёрдости спеченной керамики проводили на автоматическом ультрамикротвердомере DUN-211S (Shimadzu, Япония) методом индентирования алмазной пирамидой Виккерса в режиме «нагрузка-разгрузка» при 1,96 Н.

Расчёт коэффициента вязкости разрушения K_{Ic} на основе измерения длин радиальных трещин, образующихся после индентирования, осуществляли по формуле Ниихара:

$$K_{Ic} = 0,018H_v a^{\frac{1}{2}} \left(\frac{l}{a} \right)^{-\frac{1}{2}} \left(\frac{H_v}{E} \right)^{-\frac{2}{5}} \quad (1)$$

при условии $0,25 \leq l/a \leq 2,5$, где E – модуль продольной упругости, a – полудиагональ отпечатка инденто-

ра, l – длина радиальной трещины от угла отпечатка индентора, H_v – твердость по Виккерсу [11].

Анализ зёрновой и пористой структуры полученной керамики проводили на поверхности её скола методом СЭМ.

Исследование оптических свойств керамики в ультрафиолетовой, видимой и в начале ближней инфракрасной области спектра проводили с использованием двулучевого сканирующего спектрофотометра СФ-256 УВИ (ЛОМО, Россия).

Результаты исследования и их обсуждение

В работе [8] были проведены исследования, в ходе которых нами было установлено, что спекание YSZ-керамики целесообразно проводить при высоких скоростях нагрева; процесс уплотнения при консолидации YSZ-керамики сопровождается ростом размеров зерна, пропорциональным скорости изменения температуры, и проходит вплоть до 1650 °С; спекание целесообразно проводить в интервале температур от 1200 °С до 1500 °С.

На рис. 1 представлены зависимости плотности исходных прессовок до спекания и керамических образцов после спекания при температуре 1650 °С от давления прессования.

С увеличением давления прессования плотность порошкового компакта возрастает по логарифмическому закону [12–14]. Таким образом, поведение исследуемого материала при уплотнении в закрытой

жесткой пресс-форме с достаточной достоверностью может быть описано уравнением

$$\rho = b \cdot \ln \left(\frac{P}{P_{кр}} \right) + 1, \quad (2)$$

где ρ – относительная плотность порошкового тела, P – относительное давление прессования, равное отношению текущего давления прессования $P_{пр}$ к критическому давлению $P_{кр}$, при котором достигается теоретическая плотность порошкового тела ($P = P_{пр}/P_{кр}$), b – постоянный коэффициент, отражающий интенсивность уплотнения порошкового тела во всем диапазоне давлений прессования.

Таким образом, значение коэффициента b для используемого материала равно – 0,0658.

Повышение давления прессования с 50 до 800 МПа приводит к увеличению плотности порошкового компакта с 46,76% до 61,79%. При этом с увеличением давления прессования наблюдается понижение плотности спеченной керамики, что может быть вызвано неравномерным распределением плотности по объему порошкового тела во время прессования, которое могло привести к накоплению остаточных напряжений и к образованию макродефектов в процессе спекания керамики. В керамических образцах, полученных при давлениях выше 300 МПа и температуре 1650 °С трещины видны невооруженным глазом, а в некоторых порошковых компактах, полученных при аналогичных давлениях, наблюдались расслоения.

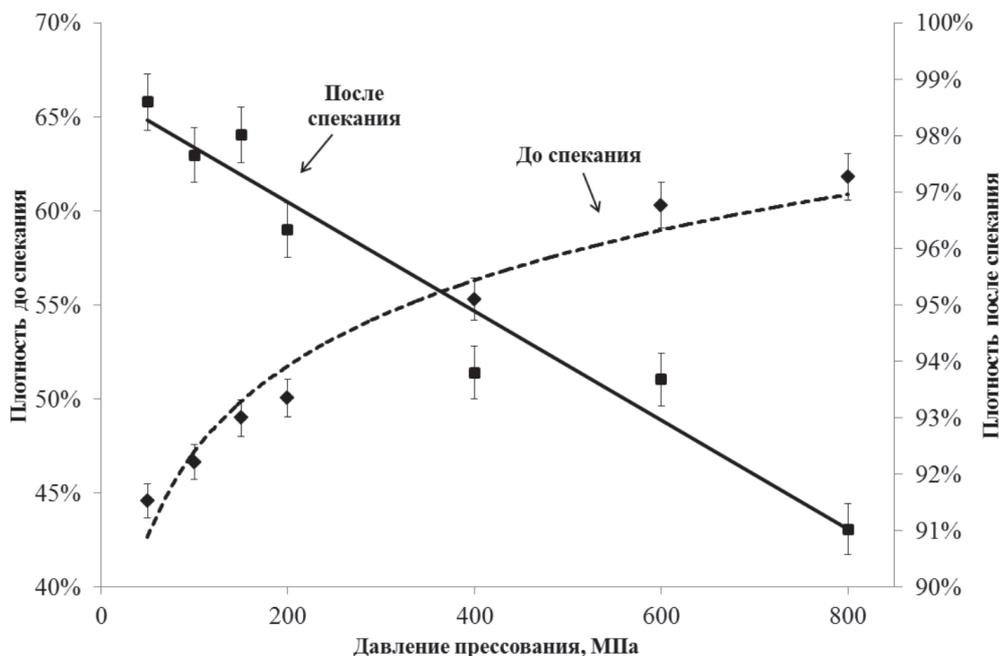


Рис. 1. Зависимость плотности прессовок и YSZ-керамики после спекания при температуре 1650 °С от давления прессования

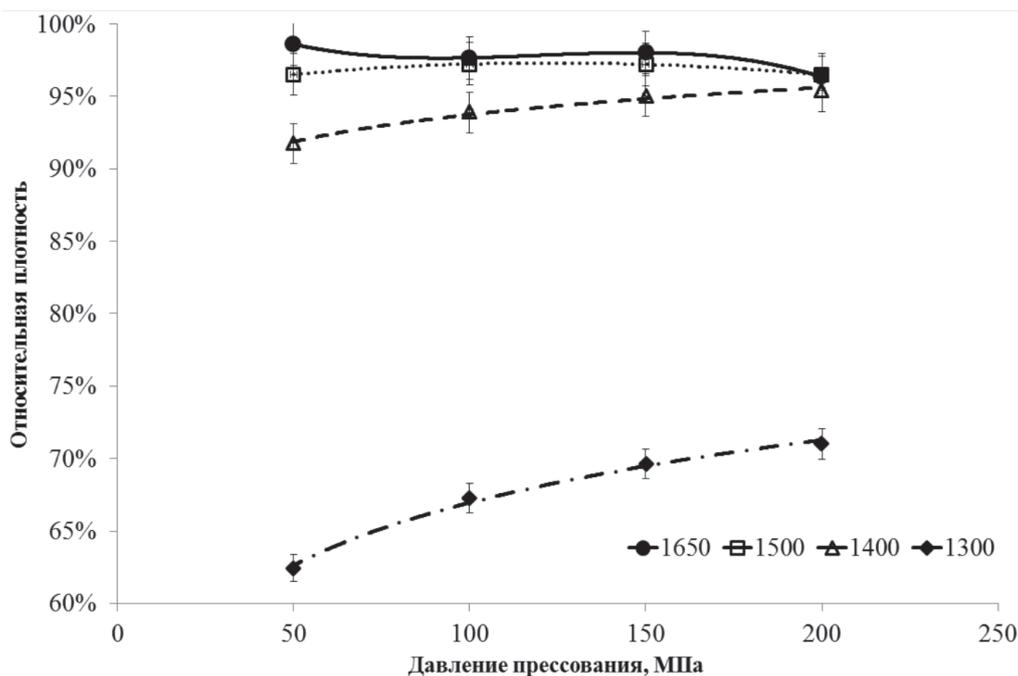


Рис. 2. Зависимость плотности YSZ-керамики от давления прессования и температуры спекания

На основании полученных результатов дальнейшее формирование образцов проводили в уточнённом диапазоне давлений от 50 до 200 МПа.

На рис. 2 представлена зависимость плотности керамики от давления прессования и температуры спекания. Наибольшая плотность – 98,6–96,3 % – наблюдается у образцов, полученных при температуре 1650 °С. С понижением температуры от 1650 °С до 1300 °С происходит понижение максимальной плотности образцов, что приводит к необходимости увеличения времени изотермической выдержки. Спекание образцов при температуре 1300 °С позволило получить бездефектные образцы в диапазоне давлений 50–450 МПа.

Анализ структурной морфологии полученных образцов выполнен по результатам сканирующей электронной микроскопии с использованием свободно распространяемого программного обеспечения «ImageJ». Установлен преимущественно транскристаллитный характер разрушения керамики, свидетельствующий о высокой прочности межзеренных границ. Максимальное преобладание транскристаллитного характера разрушения над интеркристаллитным демонстрирует керамика, спечённая при температуре 1500 °С, на сколе которой грани зёрен не наблюдаются. Средний размер зёрен ($D_{з\text{ер}}$) лежит в диапазоне от 410 нм до 11,03 мкм. Средний размер остаточных

пор ($D_{\text{пор}}$) – в диапазоне от 155 до 509 нм (сопоставимом с диапазоном длин волн видимого света). На рис. 3 представлены СЭМ-изображения поверхности разрушения YSZ-керамики, изготовленной при различных температурах спекания.

Повышение температуры спекания с 1300 °С до 1650 °С приводит к увеличению средних размеров зерна с 0,41 мкм до 11,03 мкм (рис. 4, а), а средний размер пор увеличивается с 155 нм до 509 нм (рис. 4, б) при уменьшении их количественного содержания. Такой характер изменения средних размеров зерна и пор можно объяснить следующим. При относительно медленных скоростях нагрева и температуре спекания 1300 °С с изотермической выдержкой 2 часа процесс спекания, по-видимому, не завершается, в связи с чем процесс роста зёрен протекает медленно, их размеры остаются на уровне размеров агломератов исходного порошка, а образцы имеют относительно низкую плотность, не превышающую 75%. При температуре спекания 1400 °С с изотермической выдержкой 2 часа процесс спекания также не завершается, однако процесс роста зёрен несколько ускоряется, в результате чего происходит увеличение их размеров и уменьшение количества пор. При температуре спекания 1500 °С с изотермической выдержкой 2 часа, уплотнение спекаемого материала происходит весьма интенсивно и сопровождается уменьше-

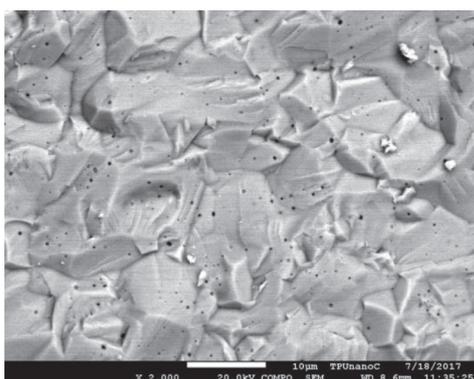
нием количества пор и ростом зерна. При температуре спекания 1650 °С и времени изотермической выдержки 2 часа, процесс уплотнения существенно замедляется, в результате чего происходит значительный рост зерна, приводящий к переходу межзёрренных остаточных пор в объём зёрен.

Исходя из полученных результатов оптимизации, для достижения большей плотности и сохранения минимального размера структурных элементов компактирование образцов, предназначенных для оценки оптических характеристик, осуществляли методами холодного одноосного статического прессования (ОСП) и ультразвукового прессования (УЗП) при давлении 450 МПа. Применение ультразвукового прессования позволило расширить допустимый диапазон давлений прессования и получить качественный порошковый компакт под давлением 450 МПа.

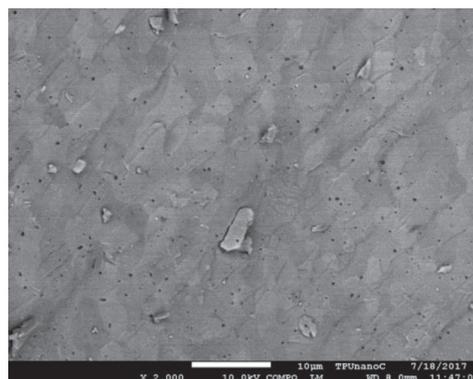
В результате спекания этих образцов в воздушной атмосфере при температуре 1300 °С с изотермической выдержкой 12 часов и высокой скоростью изменения темпе-

ратуры были получены керамические изделия с плотностью до 98 %, относительно малым размером зерна и остаточных пор.

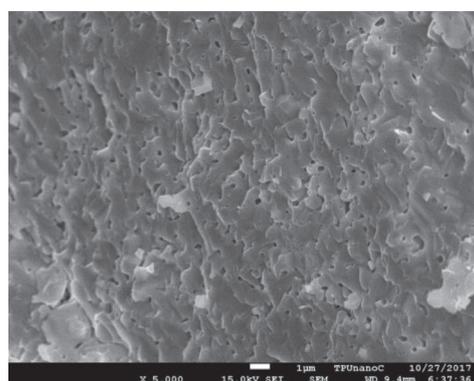
Анализ структурной морфологии YSZ-керамики полученной методами ОСП и УЗП, выполненный по результатам СЭМ (рис. 5), показал преимущественно транскристаллитный характер разрушения и размеры структурных элементов, представленные в табл. 1. Средний размер зерна образца УЗП больше на 0,17 мкм, чем у образца УСП, а наибольший размер зерна в этих керамиках отличается на 7,62 %, что объясняется активационными эффектами ультразвукового воздействия, вследствие которых интенсифицируется рост зерна, опережая процесс усадки, что приводит к возникновению внутризёрненной пористости. В то же время применение УЗВ способствует сужению диапазона размеров пор, при этом большая их часть (66,8 %) имеет размеры от 19 до 200 нм. Средний размер пор для образца УЗП почти на 50 % меньше, чем для образца ОСП.



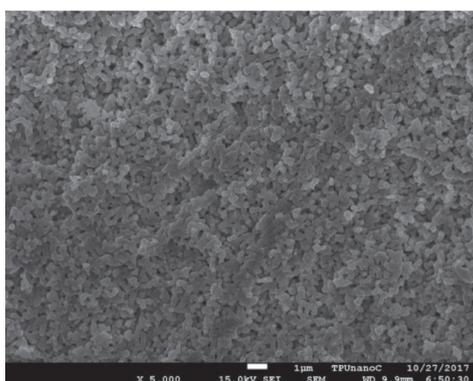
(a) 1650 °C



(б) 1500 °C

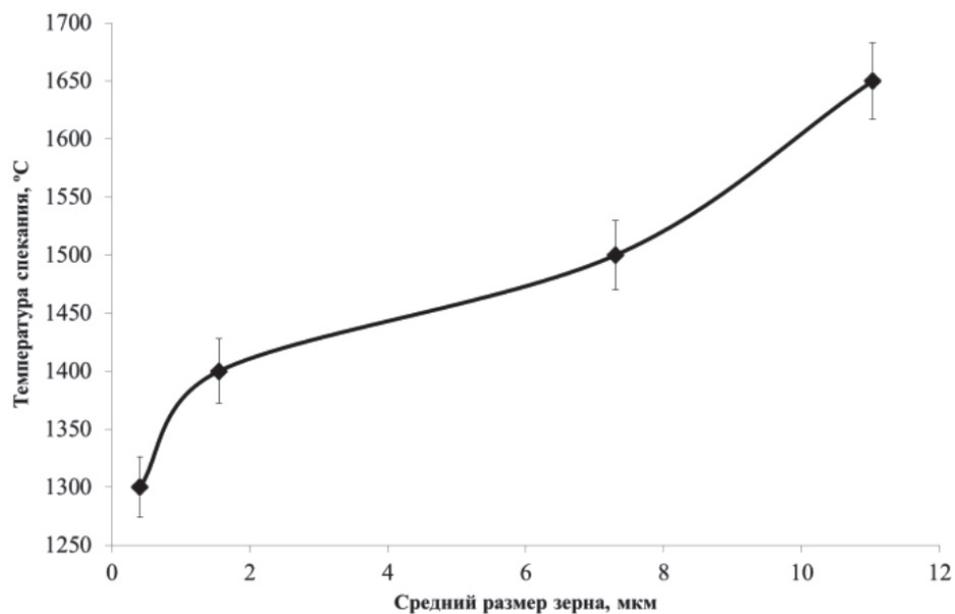


(e) 1400 °C

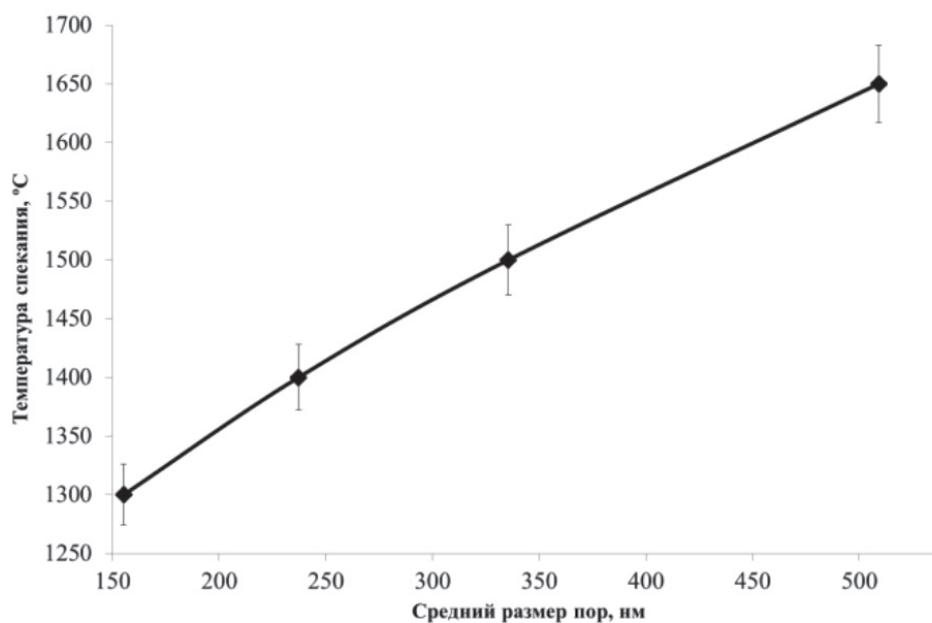


(z) 1300 °C

Рис. 3. СЭМ-изображения поверхности скола YSZ-керамики, изготовленной при различных температурах



a)



b)

Рис. 4. Зависимость (а) среднего размера зерен; (б) среднего размера пор от температуры спекания

Таблица 1
Результаты измерения плотности и размеров структурных элементов YSZ-керамики, полученной в оптимальных режимах

№ образца	$D_{\text{зер}}, \text{ мкм}$	$D_{\text{пор}}, \text{ нм}$	Диапазон размеров зерен, мкм	Диапазон размеров пор, нм	$\rho_{\text{кер}}, \%$
ОСП	2,06	186	0,615–4,687	18–704	98,02
УЗП	2,23	94	0,630–5,470	19–522	97,91

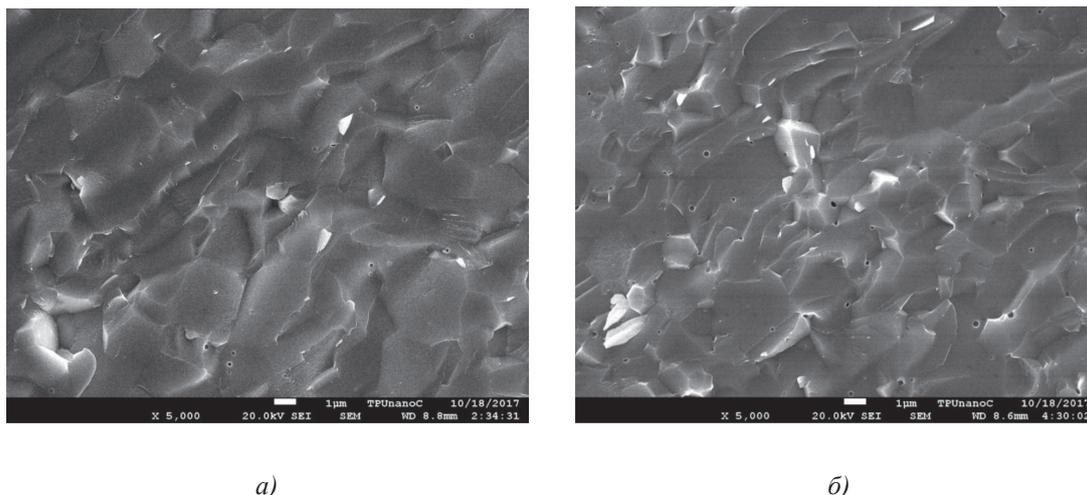


Рис. 5. СЭМ-изображения поверхности скола YSZ-керамики, изготовленной в оптимальном режиме методом (а) одноосного статического прессования; (б) методом ультразвукового прессования

Таблица 2

Упругопластические свойства

№ образца	W, кВт	$\rho_{\text{ксп}}, \%$	HV, ГПа	E, ГПа	$K_{\text{IC}}, \text{МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$
ОСП	0	98,02	$15,02 \pm 0,36$	$165,7 \pm 1,52$	$2,84 \pm 0,06$
УЗП	2	97,91	$15,80 \pm 0,35$	$155,8 \pm 2,28$	$2,5 \pm 0,05$

Рентгенофазовый анализ полученных образцов показал, что керамика имеет кубическую кристаллическую структуру с размерами кристаллитов (ОКР) в пределах от 104,28 до 111,69 нм.

Влияние ультразвуковых колебаний на упругопластические свойства YSZ-керамики неоднозначно. Как видно из табл. 2, в результате ультразвукового воздействия наблюдается увеличение микротвердости керамики на 0,78 ГПа, в то время как значения коэффициента вязкости разрушения и модуля Юнга керамики, полученной методом УЗП, уменьшаются на 9,9 ГПа и $0,34 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

На рис. 6 представлены результаты исследования спектров светопропускания и оптической плотности в диапазоне длин волн 300–1100 нм. В середине видимой области спектра на длине волны 555 нм, светопропускание составляет около 33% для образца ОСП и около 20% для образца УЗП. Наблюдается увеличение коэффициента светопропускания при переходе из видимой области спектра в ближнюю инфракрасную область, примерно на 5%. Наибольшее значение коэффициента светопропускания наблюдается у образца ОСП, имеющего меньшую пористость

и размер зерна, чем образец УЗП. Край поглощения полученной YSZ-керамики лежит в области 400 нм.

Таким образом, ультразвуковое воздействие оказывает слабое влияние на поглощение света полученной YSZ-керамики и незначительно сдвигает спектр поглощения вправо. Однако светопропускание образца УЗП ослабляется на 13%, что позволяет сказать о негативном воздействии ультразвуковых колебаний на прозрачность керамики. С другой стороны, такое ослабление может быть связано с активационными эффектами УЗВ, вследствие которых уменьшается интервал спекания (интенсивной усадки) [8], что вызывает необходимость проведения дополнительных оптимизационных исследований параметров спекания керамики YSZ, изготовленной с применением УЗ-воздействия.

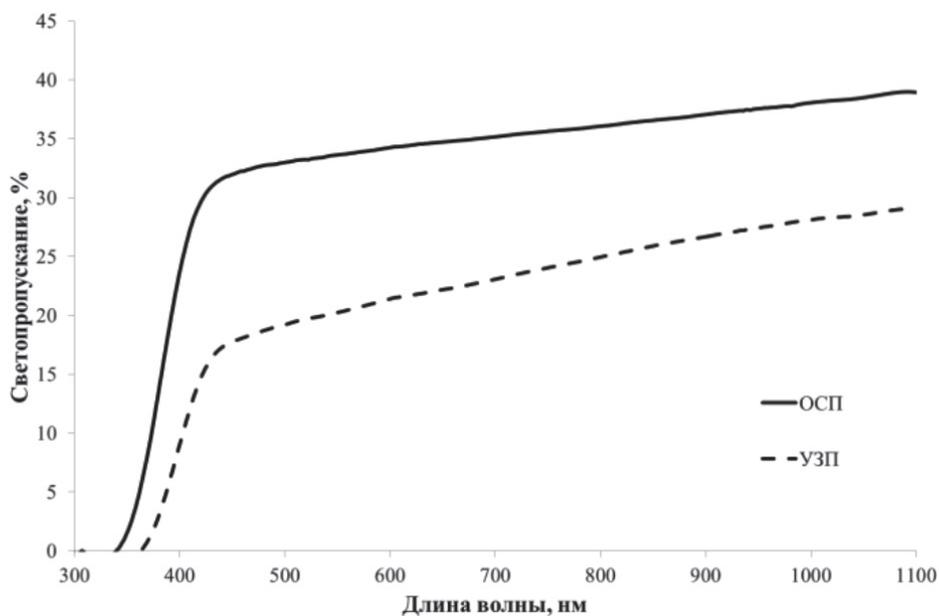
Заключение

Светопропускающая керамика на основе кубического ZrO_2 , стабилизированного 10 мол. % Y_2O_3 (YSZ), была получена методом одноосного статического прессования при комнатной температуре под мощным ультразвуковым воздействием (УЗВ) с последующим свободным спека-

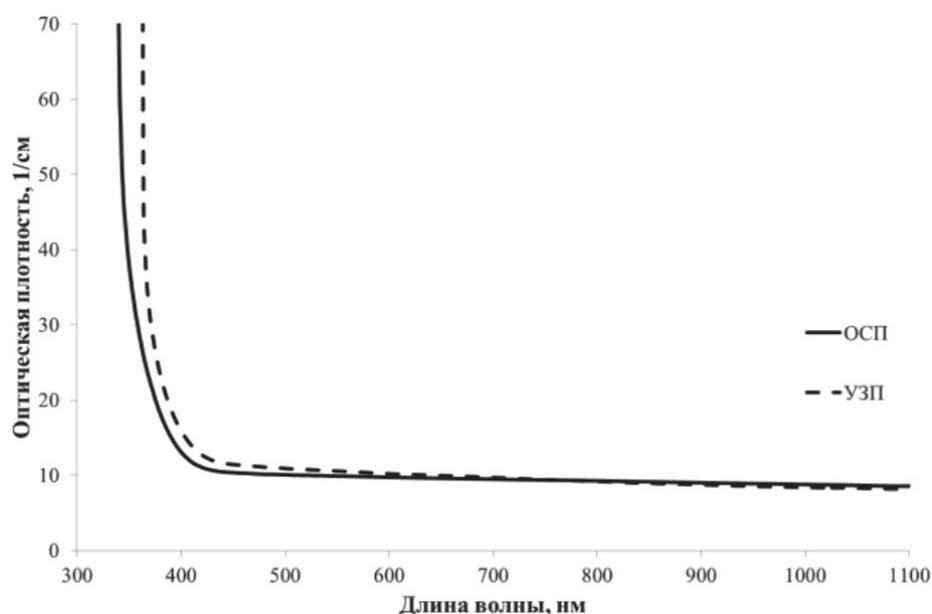
нием. В результате проведенных экспериментов установлен режим изготовления, позволяющий получить светопропускающую YSZ-керамику с плотностью до 98 %, средним размером зерна 2,06 мкм и средним размером пор 186 нм. Оценено влияние ультразвукового воздействия на опти-

ческие и физико-механические свойства керамики.

Установлено, что применение УЗВ интенсифицирует процесс роста зерен, опережающий процесс усадки. Возможно возникновение внутризёрненной пористости и понижение плотности.



а)



б)

Рис. 6. Спектр светопропускания (а) и спектр поглощения (б) YSZ-керамики, изготовленной в оптимальном режиме методами ОСП и УЗП

Влияние УЗВ на упругопластические свойства керамики неоднозначно. С одной стороны, в результате УЗВ твердость увеличивается на 0,78 ГПа; с другой стороны, значения коэффициента вязкости разрушения уменьшаются на $0,34 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, модуля Юнга на 9,9 ГПа и УЗВ оказывает слабое влияние на спектр поглощения полученной YSZ-керамики и незначительно сдвигает его левую границу вправо. Влияние УЗВ на спектр светопропускания более выражено и сказывается скорее негативно, однако при этом скорость роста светопропускания с увеличением длины волны света для УЗП-керамики больше, чем для ОСП. В совокупности с отмеченным выше эффектом уменьшения размеров пор УЗП-керамики до значения ниже критического, это обстоятельство указывает на целесообразность поиска оптимальных режимов изготовления YSZ керамики, при которых полезные эффекты УЗ-воздействия будут превалировать, а интенсификация роста зерен будет нивелирована.

Исследование выполнено на базе «Нано-центра» Национального исследовательского Томского политехнического университета при поддержке Российского научного фонда, проект № 17-13-01233. Авторы признательны Е.Ф. Полисадовой, С.А. Степанову, Д.Т. Валиеву за определение спектральных характеристик образцов.

Список литературы

1. Качаев А.А., Гращенко Д.В., Лебедева Ю.Е., Солнцев С.Ст., Хасанов О.Л. Оптически прозрачная керамика (обзор) // Стекло и керамика. – 2016. – № 4. – С. 3–10.
2. Wang S.F., Zhang J., Luo D. W., Gu F., Tang D.Y., Dong Z.L., Tan G.E.B., Que W.X., Zhang T.S., Li S., Kong L.B. // Prog. Solid State Chem. – 2013. – V. 41. – P. 20–54.
3. Peuchert U., Okano Y., Mekkne Y., Reichel S., Ikesue A. // J. Eur. Ceram. Soc. – 2009. – V. 29. – P. 283–291.
4. Srdic V.V. Winterer M., Horst H. // J. Am. Ceram. Soc. – 2000. – V. 83. – P. 729–736.
5. Chaim R., Marder R., Estournes C. // Scripta Mater. – 2010. – V. 63. – P. 211–214.
6. Krell A., Klimke J., Hutzler T. // Opt. Mater. – 2009. – V. 31. – P. 1144–1150.
7. Kodera Y. et al. // Scripta Mater. – 2013. – V. 69. – P. 149–154.
8. Пайгин В., Двилис Э., Хасанов О., Лямина Г. // 12th International Forum on Strategic Technology: Proceedings. – 2017. – V. 1. – P. 28–30.
9. Пайгин В.Д., Двилис Э.С., Толкачев О.С. // Современные технологии и материалы новых поколений: сборник трудов международной конференции с элементами научной школы для молодежи. – 2017. – С. 215–217.
10. Khasanov O.L., Pokholkov Yu.P., Sokolov V.M., Dvilis E.S., Slosman A.I., Matrenin S.V. // Glass and Ceramics. – 1995. – V. 52. – P. 177–180.
11. Niihara K., Morena R., Hasselman D.P.H. // J. Mater. Sci. Lett., 1982. – V. 1. – P. 13–16.
12. Двилис Э.С. Закономерности процессов консолидации порошковых систем при изменении условий деформации и физических воздействий: дис. ... д-ра физ.-мат. наук. – Томск: Томский политехнический университет, 2014.
13. Laberty-Robert C., Ansart F., Deloget C., Gaudon M., Rousset A. // Ceramic International. – 2003. – V. 29. – P. 889–894.
14. Двилис Э.С., Хасанов О.Л., Соколов В.М. Связь между параметрами состояния прессуемого порошкового тела и свойствами спечённой из него керамики // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 11–4. – С. 691–697.

УДК 519.7

МЕТОД ОПЕРАТОРНЫХ РЯДОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕДКИХ СОБЫТИЙ

Дзанагова И.Т.

ФГБОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова», Владикавказ, e-mail: nosu@nosu.ru

В данной статье показан метод построения квантильной функции для случайной величины с использованием особого класса рядов, членами которых являются операторы. При суммировании случайного числа случайных величин вычисление интеграла по формуле обращения в некоторых случаях затруднительно. Для преодоления трудностей решения этих задач рассматривается применение класса операторных рядов, впервые введенного норвежским математиком Софусом Мариусом Ли. Рассматриваются линейные дифференциальные операторы, коэффициенты которых могут быть в общем случае функциями комплексных переменных. Полученные при помощи этих операторов функции могут быть представлены регулярными сходящимися степенными рядами. При помощи рассматриваемого класса операторных рядов, в частности, можно обращать (производить инверсию) функцию распределения. Показано, что если распределение случайной величины задано характеристической функцией, то можно построить квантильную функцию для случайной величины. Показана зависимость и эффективность применения этой зависимости, не требующей построения функции распределения суммы случайных величин. Предложенная процедура построения квантильных функций рассмотрена на примере.

Ключевые слова: экстремальные модели, распределение, производящая функция, операторные ряды, квантильная функция

METHOD OF OPERATOR SERIES FOR CONSTRUCTING EXTREMAL MODELS OF RARE EVENTS

Dzanagova I.T.

North Ossetian State University n.a. Costa Levanovich Khetagurov, Vladikavkaz, e-mail: nosu@nosu.ru

This article shows a method for constructing a quantile function for a random variable using a special class of series whose members are operators. When summing a random number of random variables, it is difficult to calculate the integral by the inversion formula in some cases. To overcome the difficulties of solving these problems, the application of the class of operator series, first introduced by the Norwegian mathematician Sophus Marius Lee, is considered. We consider linear differential operators whose coefficients can in the general case be functions of complex variables. The functions obtained with the help of these operators can be represented by regular convergent power series. With the help of the considered class of operator series, in particular, it is possible to convert (inverse) the distribution function. It is shown that if the distribution of a random variable is given by a characteristic function, then it is possible to construct a quantile function for a random variable. The dependence and efficiency of this dependence is shown, which does not require the construction of the distribution function of the sum of random variables. The proposed procedure for constructing quantile functions is considered using the example.

Keywords: extreme models, distribution, generating function, operator series, quantile function

В условиях суммирования случайного числа случайных величин вычисление интеграла по формуле обращения в некоторых случаях затруднительно. Очевидно, объективно существует потребность разработки специфических методов и соответствующего аналитического аппарата, основной целью которых должно быть обеспечение исследования поведения сумм случайного числа св. (нахождение их функций распределений, функций квантилей и моделирующих алгоритмов). В качестве возможного пути преодоления трудностей решения этих задач далее рассматривается применение одного класса операторных рядов (рядов С. Ли).

Итак, воспользуемся основными математическими понятиями и определениями. В традиционном понимании следующая последовательность $a_1, a_2, \dots, a_k, \dots$, записанная в виде суммы, именуется рядом, где a_k

($k = 1, \dots, n$), которые называются членами ряда, обычно являются числами, функциями, векторами, матрицами. Обычно мы имеем дело с числовыми, функциональными рядами, а также с рядами векторов, матриц и т.д. В данной работе применяется совершенно другой класс рядов, элементами которых являются операторы. Соответственно, такие ряды называются операторными. Известно, что под оператором понимают отображение $X \rightarrow Y$, ставящее в соответствие каждому элементу x из множества X некоторый элемент y из Y . Пример подобных преобразований – дифференцирование: любой функции $f(x)$, имеющей производную, ставится в соответствие оператором дифференцирования функция $f(x) = \frac{df(x)}{dx}$. Рассмотрим линейные дифференциальные операторы следующего вида:

$$D = f_1(z) \frac{\partial}{\partial z_1} + f_2(z) \frac{\partial}{\partial z_2} + \dots + f_n(z) \frac{\partial}{\partial z_n}, \quad (1)$$

где $f_i(z)$ – коэффициенты, являющиеся функциями комплексных переменных z_1, z_2, \dots, z_n . Допустим, что все эти коэффициенты в окрестности некоторой точки z_0 голоморфны, а значит $f_i(z)$ – однозначные аналитические функции. Известно, что функция вещественной переменной x является аналитической, если имеет место сходимость степенного ряда к этой функции в интервале $|x - x_0| < r$, тогда как для функции комплексной переменной это условие значит, что существует ряд Тейлора, сходящийся к этой бесконечно дифференцируемой функции.

Можно утверждать о наличии у аналитических функций конечной производной в точке x_0 . А также справедливо обратное утверждение: при существовании производной функции конечной в области x_0 , функция в этой области аналитическая. Пусть дана функция $f(z)$ и точка z_0 , в окрестности которой данная функция голоморфна. Тогда на основании (1) использование оператора

$$D\varphi(z) = f_1(z) \frac{\partial \varphi}{\partial z_1} + f_2(z) \frac{\partial \varphi}{\partial z_2} + \dots + f_n(z) \frac{\partial \varphi}{\partial z_n}$$

тоже даст функцию голоморфную в окрестности точки z_0 . К функциям, полученным в результате итеративных операций, также справедливо применение этого свойства.

$$D^2\varphi = D(D_\varphi), \dots, D_\varphi^v = D(D_\varphi^{v-1}) = D^{v-1}(D_\varphi). \quad (2)$$

А следовательно, функции, полученные при использовании операторов типа (2), могут быть записаны в виде регулярных сходящихся степенных рядов. При формальном объединении множителя $\frac{t^v}{v!}$ и голоморфной функции $D^v f(z)$, получится ряд вида

$$\begin{aligned} e^{tDf(z)} &= \sum_{v=0}^{\infty} \frac{t^v}{v!} D^v f(z) = \\ &= f(z) + tDf(z) + \frac{t^2}{2!} D^2 f(z) + \dots, \quad (3) \end{aligned}$$

где t – новая переменная, не зависящая от переменных z_1, \dots, z_n . Подобные ряды были впервые использованы норвежским математиком Софусом Мариусом Ли. Они имеют ряд характерных свойств, некоторые из которых следуют из правил нахождения производной и дифференциала суммы и произведения [1, с. 186].

$$D[f_1(z) + f_2(z)] = Df_1(z) + Df_2(z), \quad (4)$$

$$\begin{aligned} D[c_1 f_1(z) + \dots + c_m f_m(z)] &= \\ &= c_1 Df_1(z) + \dots + c_m Df_m(z), \quad (5) \end{aligned}$$

$$Dc = 0, \quad (6)$$

$$D[f_1(z)f_2(z)] = f_2(z)Df_1(z) + f_1(z)Df_2(z), \quad (7)$$

где в соотношениях (5) и (6) параметр c понимается либо как собственная постоянная, или имеет смысл функции, не зависящей от z_1, \dots, z_n согласно соотношению (3).

Применив итерацию (2) и дополнив следующим условием

$$D_0 f(z) = f(z),$$

обобщим соотношения (4)–(7)

$$\begin{aligned} D^v [c_1 f_1(z) + \dots + c_m f_m(z)] &= \\ &= c_1 D^v f_1(z) + \dots + c_m D^v f_m(z), \quad (8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D^v [f_1(z)f_2(z)] &= \sum_{\alpha=0}^v \binom{v}{\alpha} [D^\alpha f_1(z)][D^{v-\alpha} f_2(z)], \\ v &= 0, 1, 2, \dots \quad (9) \end{aligned}$$

Очевидно, из соотношения (8) вытекает правило суммирования рядов Ли, полученных с использованием единого оператора D :

$$e^{tD[c_1 f_1(z) + \dots + c_m f_m(z)]} = c_1 e^{tDf_1(z)} + \dots + c_m e^{tDf_m(z)}.$$

Имеется правило и для нахождения произведения указанных рядов, полученных с использованием единого оператора D :

$$e^{tD[f_1(z) + \dots + f_m(z)]} = [e^{tDf_1(z)}] \dots [e^{tDf_m(z)}].$$

Указанное правило может быть доказано следующим образом. Допустим, $m = 2$ (количество множителей). Используя соотношение (9), получим

$$\begin{aligned} e^{tD[f_1(z)f_2(z)]} &= \sum_{v=0}^{\infty} \frac{t^v}{v!} D^v [f_1(z)][f_2(z)] = \\ &= \sum_{v=0}^{\infty} \sum_{\alpha=0}^v \frac{t^v}{\alpha!(v-\alpha)!} [D^\alpha f_1(z)][D^{v-\alpha} f_2(z)]. \quad (10) \end{aligned}$$

Введем в последнем соотношении (10) в выражении с двойной суммой новый индекс суммирования $\beta = v - \alpha$, после чего можно увидеть как оба индекса α и β , совершенно не завися один от другого, принимают все неотрицательные значения. Заменяя в том же выражении последнего соотношения t^v на произведение $t^v = t^\alpha t^\beta$, правую часть можно представить в виде

$$\sum_{\alpha=0}^{\infty} \frac{t^\alpha}{\alpha!} D^\alpha f_1(z) \sum_{\beta=0}^{\infty} \frac{t^\beta}{\beta!} D^\beta f_2(z) = [e^{tDf_1(z)}][e^{tDf_2(z)}].$$

Нетрудно заметить, что возможно обобщение и на большее количество сомножителей.

Используя рассматриваемый класс операторных рядов, можно выполнять инверсию функции распределения, что вытекает из нижеприведенного заключения [2, с. 551].

Пусть дана однозначная аналитическая функция $y = \varphi(x)$, тогда функция обратная ей в окрестности точки $y_0 = \varphi(x_0)$ и имеющая в указанной окрестности производную $\varphi'(x_0) \neq 0$, может быть представлена следующим рядом:

$$x = \sum_{v=0}^{\infty} \frac{(y - y_0)^v}{v!} D_x^v \Big|_{x=x_0}, \quad (11)$$

полученным посредством оператора

$$D = \frac{1}{\varphi(x)} \frac{d}{dx}. \quad (12)$$

На основе вышеуказанного утверждения можно сформулировать метод инверсии функции распределения в общем виде.

Положим, что функция $F(x)$ есть функция распределения, отображающая значение x в вероятность P , а также имеется некоторая точка области существования случайной величины X_0 , в которой указанная функция принимает какие-либо значения

$$0 = F(x_H) \leq \dots \leq F(x_0) \leq \dots \leq F(x_k) = 1,$$

где плотность распределения $f(x_0) \neq 0$. Тогда, на основании вышеуказанного утверждения, покажем, что

$$x = \sum_{v=0}^{\infty} \frac{[P - F(x_0)]^v}{v!} D_x^v \Big|_{x=x_0} \quad (13)$$

есть обратная функция квантилей [3, с. 480].

Причем обязательным условием существования (13) является то, что функции $F(x)$ аналитическая и производная $F'(x_0)$ не равна нулю.

Очевидно, что сходимость рядов является необходимым условием использования соотношения (13). Опираясь на условия сходимости функциональных рядов, возможно найти такое число $\beta > 0$, при котором ряд (13) сходится абсолютно для

$$|P - F(x_0)| \leq \beta.$$

Определим на основании признака Даламбера ограничение β , найдя предел [4, с. 80]:

$$\begin{aligned} \lim_{v \rightarrow \infty} \frac{\alpha_{v+1}}{\alpha_v} &= \lim_{v \rightarrow \infty} \frac{[P - F(x_0)]^{v+1} v! D_x^{v+1} \Big|_{x=x_0}}{[P - F(x_0)]^v v! D_x^v \Big|_{x=x_0} (v+1)!} = \\ &= [P - F(x_0)] \lim_{v \rightarrow \infty} \frac{D_x^{v+1} \Big|_{x=x_0}}{(v+1) D_x^v \Big|_{x=x_0}}. \end{aligned}$$

Причем очевидно, что данный оператор преобразования имеет следующее свойство:

$$D_x^{v+1} = \frac{1}{f(x)} \frac{d}{dx} D_x^v, \quad D^0 x = x.$$

Откуда условие сходимости ряда (13) уже будет иметь вид

$$\lim_{v \rightarrow \infty} \frac{\alpha_{v+1}}{\alpha_v} = [P - F(x_0)] \lim_{v \rightarrow \infty} \frac{\frac{d}{dx} D_x^v \Big|_{x=x_0}}{(v+1)! f(x_0) D_x^v \Big|_{x=x_0}}.$$

Следовательно,

$$[P - F(x_0)] < f(x_0) \lim_{v \rightarrow \infty} \frac{(v+1) (D_x^v) \Big|_{x=x_0}}{\frac{d}{dx} D_x^v \Big|_{x=x_0}}$$

или

$$P < F(x_0) + f(x_0) \lim_{v \rightarrow \infty} \frac{D_x^v \Big|_{x=x_0}}{\frac{d}{dx} D_x^v \Big|_{x=x_0}}.$$

Конечное ограничение (3) имеет вид

$$\beta = f(x_0) \lim_{v \rightarrow \infty} (v+1) \frac{D_x^v \Big|_{x=x_0}}{\frac{d}{dx} D_x^v \Big|_{x=x_0}}.$$

Для решения конкретной задачи нужно преобразовать значение β в левой части при заданном законе распределения, взяв $x_0 \in (x_H, x_k)$, для которого во всей области существования случайной величины выполняется сходимость ряда (13), а чтобы получить обратные функции распределения одномерной случайной величины, необходимо следующее:

- выбрать точку x_0 из такой области, в которой можно разложить функции распределения в ряд (13);

- далее вывести зависимость для оператора (12) в явном виде;

- на основании (11) вывести в явном виде соотношение (13).

Используя характеристические функции и применяя операторные ряды, можно сформировать квантильные функции [5, с. 56].

Видно, если интегрируемая по всей действительной оси характеристическая функция $\varphi(t)$ функции распределения $F(x)$ имеет вид

$$\varphi(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} dF(x),$$

то на основании формулы обращения

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-itx} \varphi(t) dt.$$

Оператор преобразования D в соотношении (13) может быть записан в виде

$$D = \frac{2\pi}{\int_{-\infty}^{\infty} e^{-itx} \varphi(t) dt} \frac{d}{dt}. \quad (14)$$

Выберем опорную точку $x_0 = 0$. Очевидно, если $x_0 = 0$, то на основании свойств характеристических функций $\varphi(t)$ функции распределения $F(x - x_0)$ может иметь вид [6, с. 62]

$$\varphi(t) = \varphi_1(t) \exp(ix_0 t).$$

Далее, последовательно применим оператор (14). А затем, после вычислений, получим

$$D_x^1 |_{x_0=0} = \frac{2\pi}{\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(t) dt}, \quad D_x^2 |_{x_0=0} = \frac{4\pi^2 i \int_{-\infty}^{\infty} t \varphi(t) dt}{\left[\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(t) dt \right]^3}, \quad D_x^3 |_{x_0=0} = 8\pi^3 \left\{ \frac{\int_{-\infty}^{\infty} t^2 \varphi(t) dt}{\left[\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(t) dt \right]^4} + 3 \frac{\left[\int_{-\infty}^{\infty} t \varphi(t) dt \right]^2}{\left[\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(t) dt \right]^5} \right\}.$$

Для использования в конкретных случаях целесообразно результат записать в следующем виде:

$$D_{x_0}^1 |_{x_0=0} = \frac{2\pi}{\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(t) dt},$$

$$D_{x_0}^3 |_{x_0=0} = [D_{x_0}^1] \frac{\int_{-\infty}^{\infty} t^2 \varphi(t) dt}{2\pi} - [D_{x_0}^1]^5 \frac{3}{(2\pi)^2} \left[\int_{-\infty}^{\infty} t \varphi(t) dt \right]^2,$$

$$D_{x_0}^5 |_{x_0=0} = [D_{x_0}^1] \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} t^4 \varphi(t) dt + [D_{x_0}^1]^7 \frac{5}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} t^3 \varphi(t) dt \int_{-\infty}^{\infty} t \varphi(t) dt +$$

$$+ [D_{x_0}^1]^7 \frac{10}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} t^4 \varphi(t) dt \int_{-\infty}^{\infty} t \varphi(t) dt + [D_{x_0}^1] \frac{10}{4\pi^2} \left[\int_{-\infty}^{\infty} t \varphi(t) dt \right]^2 -$$

$$- [D_{x_0}^1]^8 \frac{60}{(2\pi)^2} \int_{-\infty}^{\infty} t \varphi(t) dt \left[\int_{-\infty}^{\infty} t \varphi(t) dt \right]^2 + [D_{x_0}^1]^9 \frac{105}{(2\pi)^4} \left[\int_{-\infty}^{\infty} t \varphi(t) dt \right]^4 \text{ и т.д.}$$

Отсюда можно утверждать, что, не применяя формулы обращения, возможно получить для случайной величины X квантильной функции в следующем виде:

$$X = \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{[\alpha - F(0)]^{\nu}}{\nu!} D^{\nu} X_0, \quad (15)$$

причем, при условии задания распределения случайной величины $\varphi(t)$.

Отметим соответствие суммы не имеющих зависимость случайных величин и характеристической функции, равной произведению их характеристических функций. Это следует из мультипликативного свойства х.ф. Отсюда видно вполне эффективное применение (15), без необходимости строить функции распределения сумм случайных величин.

Приведем пример с использованием рассмотренной процедуры построения

квантильных функций [7, с. 1083]. Пусть Z_n обозначает сумму случайного числа нормальных величин. Тогда х.ф. Z_n имеет вид

$$\varphi(e) = \sum_{n=1}^{\infty} p_n e^{\frac{t^2}{2n}},$$

где $p_n = P(r = n)$, $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Можно утверждать, что

$$\int_{-\infty}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} p_n e^{-\frac{t^2}{2n}} dt = \sqrt{2\pi} \frac{p_n}{\sqrt{n}},$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} p_n e^{-\frac{t^2}{2n}} dt = 0,$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} p_n e^{-\frac{t^2}{2n}} dt = \sqrt{2\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{p_n}{n\sqrt{n}} \text{ и т.д.}$$

Отсюда сумма случайного числа случайных величин Z_n , на основании (15), может иметь вид

$$Z_n = \left(p - \frac{1}{2}\right) \frac{\sqrt{2\pi}}{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{p_n}{\sqrt{n}}} + \frac{\left(p - \frac{1}{2}\right)^3}{3!} (2\pi)^{\frac{3}{2}} \frac{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{p_n}{n\sqrt{n}}}{\left(\sum_{n=1}^{\infty} \frac{p_n}{\sqrt{n}}\right)^3} + \frac{\left(p - \frac{1}{2}\right)^5}{5!} \times$$

$$\times \left[10(2\pi)^{\frac{5}{2}} \frac{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{p_n}{n\sqrt{n}}}{\left(\sum_{n=1}^{\infty} \frac{p_n}{\sqrt{n}}\right)^5} + \frac{15}{2} (2\pi)^{\frac{5}{2}} \frac{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{p_n}{n^2\sqrt{n}}}{\left(\sum_{n=1}^{\infty} \frac{p_n}{\sqrt{n}}\right)^6} + \dots \right]$$

где $p = p_r \{Z_n < z_n\}$.

Список литературы

1. Трояновский Я. Технология построения информационного и математического обеспечения систем автоматизированного управления движением судов на внутренних водных путях: дис. ... докт. техн. наук (22.10.2009) / Трояновский, Яцек; Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций. – Санкт-Петербург, 2009. – 284 с.

2. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика / Н.Ш. Кремер. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 551 с.

3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Юрайт, 2010. – 480 с.

4. Дзанагова И.Т. Высшая математика. Часть II / И.Т. Дзанагова, Л.Т. Хугаева. – Владикавказ: ГУП Изд. «Олимп», 2012. – 80 с.

5. Мартыщенко Л.А., Филостин А.Е. Функции квантилей / Л.А. Мартыщенко. – МО СССР, 1984. – 56 с.

6. Мартыщенко Л.А. Экстремальное распределение экстремальных случайных величин / Л.А. Мартыщенко. – Л.: МО СССР, 1989. – 62 с.

7. Дзанагова И.Т. Информационно-статистические методы построения экстремальных моделей редких событий / И.Т. Дзанагова, Л.Т. Хугаева // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 11–6. – С. 1081–1084.

УДК 665.64

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА**Ершов Д.С., Хафизов А.Р., Мустафин И.А., Станкевич К.Е.,
Ганцев А.В., Сидоров Г.М.***ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа,
e-mail: iamustafin@gmail.com*

Настоящая статья посвящена обобщению информации о современном состоянии и тенденциях развития процесса каталитического крекинга. Изучены основные направления использования процесса в России и мире: получение высокооктанового бензина, углеводородных газов, дизельного топлива. В ходе обобщения были рассмотрены возможности вовлечения в сырье полимерных отходов и отходов производств биотоплив, помогающие решить проблему их утилизации. Также рассмотрен каталитический крекинг растительных масел, который позволяет значительно расширить сырьевую базу процесса и увеличить долю топлива, полученного из альтернативных источников. Изучено состояние катализаторов процесса и тенденции их развития: снижение содержания редкоземельных металлов и увеличение содержания железа. Упомянуты методы подготовки сырья, улучшающие показатели процесса. В работе изложен один из вариантов проведения процесса без предварительного нагрева сырья в печи. В целом выделены пять направлений развития процесса.

Ключевые слова: альтернативные источники сырья, полимеры, каталитический крекинг, расширение сырьевой базы, подготовка сырья, катализаторы

CURRENT STATE AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE CATALYTIC CRACKING PROCESS**Ershov D.S., Khafizov A.R., Mustafin I.A., Stankevich K.E., Gantsev A.V., Sidorov G.M.***Federal Budgetary Educational Institution of Higher Education Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, e-mail: iamustafin@gmail.com*

This article is dedicated to the generalization of information about current state and trends in the development of the catalytic cracking process. Main ways of using the process in Russia and the world are studied: production of high-octane gasoline, hydrocarbon gases, diesel fuel. Possibilities of involvement of the polymer waste and waste of biofuels production are considered. It helps to solve the problem of their utilization. Catalytic cracking of plant oils is also considered, which can increase the proportion of fuels obtained from alternative sources. The state of catalysts and trends of their development, which are related to the decrease of content of rare earth metals and the increase of iron, are studied. Methods of the feedstock preparation improving the performance of the process are mentioned. The way of conducting process without heating the feedstock in a furnace is described. In general, there are five areas of the development of catalytic cracking.

Keywords: alternative sources of feedstock, polymers, catalytic cracking, extension of resource base, feedstock preparation, catalysts

Каталитический крекинг – это процесс каталитического деструктивного превращения тяжелых нефтяных фракций в компоненты моторных топлив и сырья для нефтехимии. За свою историю развития, начиная с 1930-х гг., процесс каталитического крекинга постоянно совершенствовался и получил решающее значение в процессах углубленной переработки нефти и в процессах получения бензина, так как бензин процесса составляет около четверти от мирового бензинового фонда. С помощью каталитического крекинга стало возможно получать из малоценного тяжелого сырья высокооктановый бензин с октановым числом до 92 пунктов по исследовательскому методу и ценные сжиженные газы, которые используются для производств высокооктановых компонентов бензина изомерного строения: алкилата и метил-трет-бутилового эфира, а также сырья для нефтехимических про-

изводств. Научно-технический прогресс позволил открыть новые возможности процесса каталитического крекинга и его перспективы.

До недавнего времени целевым назначением каталитического крекинга преимущественно было получение с максимальным выходом высокооктанового бензина и ценных газов. Однако отечественный и зарубежный рынки нефтепродуктов характеризуются ежегодным ростом спроса на дизельное топливо. Так, в России в 2015 г. по сравнению с 2014 г. потребление дизельного топлива, отвечающего требованиям техрегламента, увеличилось на 2,4% – до 28,6 млн тонн, в 2016 г. рост составил 6,8% – до 31,3 млн тонн. По итогам текущего года потребление дизтоплива может увеличиться еще на 1,6% – до 31,8 млн тонн [1]. В связи с этим каталитический крекинг может рассматриваться как один

из процессов для получения компонента дизельного топлива из легкого газойля, образующегося в процессе. На современных установках получаемый легкий газойль имеет небольшой выход (10–15%) и низкое цетановое число – от 25 до 30 пунктов. Увеличить показатели качества продукта позволяет изменение параметров процесса: уменьшение температуры крекинга и активности катализатора, рециркуляция сырья. Однако при этом уменьшается выход и октановое число бензина. Более того, уже разработана технология каталитического крекинга, которая состоит из двух ступеней: на первой происходит мягкий крекинг с высокими выходами бензина и дизельного топлива; на второй происходит повторный жесткий крекинг остаточной фракции [2]. Таким образом, в будущем с усовершенствованием технологии проведения процесса и катализаторов каталитический крекинг может использоваться как способ получения не только бензина, но также и качественного дизельного топлива.

технологии составляет: этилена 12% об., пропилена до 35% об., бутиленов до 20% об., бензола и п-ксилола – до 20% об., газойля и остатка – до 13% об. [4].

Стремительный рост потребления полимерных материалов создает проблему их утилизации. В основном переработку полимерных отходов осуществляют сжиганием или пиролизом. В первом случае при неконтролируемом сжигании имеет место образование токсичных веществ, во втором случае образуется большое количество газов. В последнее время каталитический крекинг рассматривается как одно из направлений переработки полимерных материалов. Оно имеет хорошие перспективы, так как внедрение данной технологии не требует серьезных конструктивных изменений на существующих установках, а также такой процесс обеспечивает высокий выход высокооктанового компонента бензина и ценных газов. Например, добавление полиэтилена низкого давления в количестве 10% от массы сырья способствует повышению выхода

Типичный состав (% мас.) основных продуктов каталитического крекинга смесей вакуумный газойль (ВГ) – полиэтилен низкого давления (ПЭНД)

Сырье	Конверсия	Газ	Бензин	ЛГ	ТГ	Кокс
ВГ	88,9	15,8	52,2	17,8	11,1	3,1
ВГ + 5%ПЭНД	89,3	17,8	49,6	17,1	10,7	4,8
ВГ + 10%ПЭНД	91,2	19,5	52,2	15,1	8,8	4,4

Примечание. ЛГ – легкий газойль; ТГ – тяжелый газойль.

Помимо возрастающего интереса к дизельному топливу в недавнее время резко возросла потребность в пропилене – сырье нефтехимического производства полипропилена. Ежегодно спрос на мономер увеличивается на 5–6%. В 2011 г. Министерство энергетики Российской Федерации разработало «План развития газо- и нефтехимии России на период до 2030 года», согласно которому спрос на пропилен увеличится более чем в 4 раза [3]. Стремление повышения выхода пропилена привели к разработке такого процесса, как PetroFCC фирмы UOP (США). Его особенностью является рецикл закоксованного катализатора из зоны десорбции в зону смешения сырья и регенерированного катализатора. Смысл такой операции в том, что при получении пропилена и ароматики закоксованный катализатор становится более предпочтительным, чем свежий. Это объясняется тем, что когда кокс откладывается на активных центрах, то катализатор становится значительно селективнее по отношению к пропилену. Таким образом, выход продуктов по данной

ценного газа и обеспечивает достаточно высокий выход бензина, как видно в таблице [5]. Исследования [2] показывают, что при добавлении полиэтилена высокого давления до 7% в вакуумные дистилляты возрастает конверсия исходного сырья от 80% до 84%. Более того, увеличивается выход газообразной фракции с 22% до 26%, причем повышается как выход сухого газа, так и ценных пропан-пропиленовой и бутан-бутиленовой фракций. Также установлено, что различным полимерам соответствует определенная температура растворения. Существует определенная система ввода полимерных отходов в реактор: отходы полиэтилена, полипропилена и полиэтилентерефталата растворяют в вакуумном газойле; отходы полистирола растворяют в легком газойле и вводят через форсунки подачи легкого рециркулята.

Нельзя не упомянуть каталитический крекинг растительных масел. Как известно, страны ЕС к 2020 г. должны вырабатывать топлива из возобновляемых источников энергии в количестве 10% от всего фонда

бензина и дизельного топлива. Растительные масла, представляющие собой смесь триглицеридов, являются одним из видов альтернативного сырья, которое может вовлекаться в процесс каталитического крекинга. Интересно, что в данном виде сырья отсутствуют азот- и серосодержащие соединения, что снижает загрязняющие выбросы в атмосферу при использовании такого топлива. В качестве сырья можно использовать подсолнечное, кокосовое, рапсовое и другие растительные масла. Ранние опыты показали, что можно получать до 40% бензиновой фракции, а также до 10–15% мас. пропан-пропиленовой и бутан-бутиленовой фракций из различных видов масел [6]. Говоря об альтернативах, отметим, что кислородсодержащие отходы, образующиеся при производстве биотоплив (ацетон, глицерин, метанол и их смеси), могут полностью конвертироваться в условиях каталитического крекинга на микросферических цеолитсодержащих катализаторах при условии введения этих отходов в сырье до 10% мас. Конечно, из них образуется преимущественно газ, содержащий пропан-пропиленовую и бутан-бутиленовую фракции, а также кокс и вода. Добавление отходов биотоплив в сырье каталитического крекинга позволяет решить проблему их утилизации, а также обеспечивает нефтехимическую промышленность дополнительным количеством пропан-пропиленовой и бутан-бутиленовой фракций [7].

Сырьевую базу каталитического крекинга также предлагается увеличивать с помощью вовлечения вакуумного газойля с повышенной температурой конца кипения. Во многих случаях вовлечение фракций до 550 °С не влияет на проведение процесса, при этом возрастает выход следующих фракций – газа, бензина и легкого газойля. Кроме того, такой ход позволяет увеличить глубину превращения сырья и селективность [8]. Вакуумные газойли с повышенной температурой конца кипения можно подвергать каталитическому крекингу на катализаторах, которые имеют в своем составе каолиниты, активированные гидроксокомплексами алюминия, или столбчатые алюминиевые монтмориллониты. В процессе пилларирования этих природных глин значительно увеличивается число мезопор и термическая стабильность, что представляет огромный практический интерес для каталитического крекинга [9].

Активно изучаются катализаторы каталитического крекинга, каждый год появляется значительное количество катализаторов, улучшающих результаты и удешевляющих проведение процесса. Изменение состава

современных катализаторов связано с резким увеличением цены на редкоземельные металлы, поэтому появляется интерес к снижению их содержания в катализаторах каталитического крекинга. Исследование проведения процесса на катализаторах с меньшей долей редкоземельных металлов уже проводилось на ОАО «Газпромнефть-МНПЗ». Установлено, что снижение таких металлов может быть скомпенсировано увеличением содержания цеолита в катализаторе и уменьшением кратности циркуляции катализатор:сырье (при увеличении загрузки по сырью) [10].

Вовлечение в катализаторы железа также значительно снижает их цену и представляет огромный интерес для высокотемпературных каталитических процессов. Так, например, показано, что при использовании каталитических добавок ферросфер энергетических зол для крекинга нефтей или тяжелых остатков значительно увеличивается выход светлых фракций по сравнению с термическим крекингом [11].

Как известно, переработка тяжелых видов сырья затруднена в первую очередь из-за того, что присутствующие в тяжелых фракциях металлы необратимо отравляют катализаторы. Эта проблема может решаться предварительной деметаллизацией сырья, что увеличивает расходы на проведение процесса каталитического крекинга. В настоящее время изучается введение различных добавок в катализаторы каталитического крекинга, которые пассивируют ванадий и никель, тем самым обеспечивая нормальное протекание процесса с хорошими выходами целевых продуктов без отравления катализатора [12].

Огромный интерес в настоящее время представляет также введение наночастиц металлов в нефтяное сырье, что может позволить углубить переработку тяжелых углеводородов нефти на стадии атмосферной и вакуумной перегонки, в процессах крекинга, висбрекинга и замедленного коксования [13–15]. При этом наночастицы образуются из металлоорганических солей (например, из 2-этилгексаноата цинка или никеля) [16–17]. Устойчивость наночастиц, полученных в углеводородной среде при термическом воздействии, должна обеспечить возможность их дальнейшего использования при переработке тяжелых фракций нефти [18–19].

Рассматривая тенденции развития процесса каталитического крекинга, отметим, что аппаратное оформление значительно влияет на выход целевых продуктов и затраты на проведение процесса. Неоднократно исследовались возможности использова-

ния только теплообменника для нагрева, то есть проводились исследования по проведению процесса без предварительного нагрева в печи. Доказано, что при увеличении кратности циркуляции катализатора до показателя 7:1 необходимая температура в лифт-реакторе достигается не за счет предварительного достаточного подогрева сырья в печи, а за счет значительного количества тепла, вносимого катализатором после регенерации. То есть, увеличив кратность циркуляции катализатора от 5,5:1 до 7:1 и выстроив оптимальным образом остальные параметры, можно отказаться от печи, что снижает расходы на проведение процесса. При этом выход и качество получаемых продуктов практически не изменяются [20].

Для повышения эффективности процесса каталитического крекинга исследуются различные методы предварительной подготовки сырья. Одним из таких методов является гидродинамическая кавитация. Этот способ заключается в активации сырья за счет действия единичного импульса кавитации, осуществляемого в дезинтеграторе. Как показано, для активированного сырья выход ценных продуктов каталитического крекинга в лабораторных условиях заметно превышает выход этих продуктов при проведении процесса с необработанным сырьем. Так, выход бензина увеличился более чем на 4%, газа на 1%, легкого газойля на 1%, а содержание кокса снизилось почти на 1%. Достигнутый эффект связывают с изменением фракционного и углеводородного состава сырья при его активации [21].

По мере увеличения потребности в автомобильном бензине, необходимости увеличения отбора светлых нефтепродуктов от нефти и повышения качества моторных топлив, каталитический крекинг становится наиболее важным из процессов в нефтеперерабатывающей промышленности [22].

Таким образом, можно обобщить и отметить следующие тенденции развития процесса каталитического крекинга:

1. Разработка новых катализаторов, повышающих выход целевых продуктов и их качество, а также дающих возможность перерабатывать тяжелые виды сырья.

2. Модернизация установок и упрощение аппаратного оформления, которые помогут снизить затраты на проведение процесса. Сюда можно отнести создание систем с малым временем отделения продуктов и катализатора, снижение времени контакта сырья с катализатором, улучшение устройств ввода сырья, отказ от печи и использование только теплообменников для нагрева сырья.

3. Переход некоторых установок на целевое получение легкого газойля или ценных углеводородных газов.

4. Вовлечение альтернативных источников – растительных масел, отходов от производства биотоплив, а также переработка полимерных материалов.

5. Расширение сырьевой базы за счет переработки вакуумных газойлей с температурой конца кипения 550 °С и выше.

Несмотря на свою долгую историю, процесс каталитического крекинга продолжает активно развиваться и модернизироваться. Данный процесс будет оставаться одним из основных в химической технологии, так как значительную часть товарного бензина, пропан-пропиленовой и бутан-бутиленовой фракций получают на установках каталитического крекинга. Процесс имеет огромную перспективу в направлении включения альтернативных видов сырья без значительных изменений в аппаратном оформлении. Более того, в настоящий момент планируется строительство нескольких новых установок на территории Российской Федерации, которые придут на смену изношенным установкам, построенным в 1950–1970-х гг.

Работа выполнена при поддержке проекта № 15-13-00115 Российского научного фонда.

Список литературы

1. Международная информационная группа «Интерфакс» [Электронный ресурс]. – URL: <http://group.interfax.ru/txt.asp?rbr=1&id=6> (дата обращения: 18.11.17).
2. Хаджиев С.Н. Каталитический крекинг альтернативных видов сырья и их смесей с нефтяными фракциями на микросферических цеолитсодержащих катализаторах Сообщение 1 / С.Н. Хаджиев, И.М. Герзелиев, К.И. Деменьтев // Нефтехимия. – 2013. – Т. 53, № 6. – С. 403–407.
3. Российский медиахолдинг «РБК» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://marketing.rbc.ru/articles/6256/> (дата обращения: 18.11.17).
4. Солодова Н.Л., Тереньтева Н.А. Современное состояние и тенденции развития каталитического крекинга нефтяного сырья // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 1. – С. 141–147.
5. Капустин В.М., Герзелиев И.М., Арсланов Р.М., Седghi Рухи Б.Ф., Карменов А.Г. Оптимизация процесса каталитического крекинга вакуумного газойля с добавлением отходов полиэтилена высокого давления // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2012. – № 9. – С. 48–51.
6. Доронин В.П., Потапенко О.В., Липин П.В., Сорокина Т.П., Булучевская Л.А. Каталитический крекинг растительных масел для получения высокооктанового бензина и сырья для нефтехимии // Нефтехимия. – 2012. – Т. 52, № 6. – С. 422.
7. Хаджиев С.Н., Герзелиев И.М., Деменьтев К.И. Каталитический крекинг альтернативных видов сырья и их смесей с нефтяными фракциями на микросферических цеолитсодержащих катализаторах Сообщение 2 // Нефтехимия. – 2014. – Т. 54, № 1. – С. 3.
8. Капустин В.М., Танашев С.Т., Досмуратов Д.Е. Исследование процесса каталитического крекинга тяжелых

- вакуумных дистиллятов // Мир нефтепродуктов. – 2015. – № 1. – С. 24–27.
9. Волкова Л.Д., Закарина Н.А., Акурпекова А.К. Крекинг утяжеленных вакуумных газойлей на цеолитсодержащих (НСеУ) пилларированных алюминием монтмориллонитовых и активированных каолиновых глинах // Нефтехимия. – 2014. – Т. 54, № 1. – С. 38.
10. Максимов И.С., Левинбук М.И., Кузнецов С.Е., Тресак К.В., Крикоров А.В. Промышленный опыт эксплуатации установки каталитического крекинга ОАО «Газпромнефть-МНПЗ» при снижении соотношения катализатор/сырье и уменьшении содержания оксидов редкоземельных металлов в катализаторах // Мир нефтепродуктов. – 2012. – № 5. – С. 13–18.
11. Головки А.К., Копытов М.А., Шаронова О.М., Кирик Н.П., Анщиц А.Г. Крекинг тяжелого нефтяного сырья с использованием каталитических добавок на основе ферросфер энергетических зол // Катализ в нефтеперерабатывающей промышленности. – 2015. – Т. 15, № 4. – С. 65–72.
12. Melissa Clough, Jacqueline C. Pope, Lynne Tan Xin Lin, Vasileios Komvokis, Shuyang S. Pan, Bilge Yilmaz. Nanoporous materials forge a path forward to enable sustainable growth: Technology advancements in fluid catalytic cracking // Microporous and Mesoporous Materials. – 2017. – vol. 254.
13. Ilyina M.G., Khamitov E.M., Mustafin A.G., Galiakhmetov R.N., Mustafin I.A. Enhancing 4-propylheptane dissociation with Nickel nanocluster based on molecular dynamics simulations // Journal of molecular graphics and modelling. – 2017. – vol. 72. – P. 106–111.
14. Мустафин И.А., Боков Л.Е., Галиахметов Р.Н., Судакова О.М., Ганцев А.В. Образование ультрадисперсной суспензии никеля и цинка в промышленном вакуумном газойле // Башкирский химический журнал. – 2017. – Т. 24, № 1. – С. 82–87.
15. Мустафин И.А., Судакова О.М., Галиахметов Р.Н., Ахметов А.Ф., Мустафин А.Г. Рентгенофазные исследования остатков нефтепродуктов после термокаталитической деструкции в присутствии 2-этигексаноатов цинка и никеля // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2016. – № 12. – С. 18–23.
16. Galiakhmetov R.N., Mustafin I.A., Sudakova O.M., Akhmetov A.F., Mustafin A.G. Thermographic Studies of vacuum gas oil // International journal of applied engineering research. – 2016. – vol. 11, no 23. – P. 11184–11188.
17. Sudakova O.M., Mustafin A.G. Akhmetov A.F., Mustafin I.A., Rakhimov M.N. Catalytic processes in heavy hydrocarbons in the presence of ultradispersed nickel suspension // International journal of applied engineering research. – 2016. – vol. 12, no 4. – P. 653–659.
18. Galiakhmetov R.N., Sudakova O.M., Mustafin A.G., Akhmetov A.F., Mustafin I.A. Ultradispersed nickel suspension formation in heavy petroleum hydrocarbons in the process of heat treatment // International journal of applied engineering research. – 2015. – vol. 10, no 21. – P. 41864–41866.
19. Хаджиев С.Н. Наногетерогенный катализ – новый сектор нанотехнологий в химии и нефтехимии // Нефтехимия. – 2011. – Т. 51, № 1. – С. 3–16.
20. Юсиф-Заде А.А., Дадаева Г.Ч., Ахундов Э.А. Изучение влияния некоторых технологических параметров на процесс каталитического крекинга // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2015. – № 3. – С. 18–20.
21. Иванов С.В., Воробьев С.И., Торховский В.Н., Герзелиев И.М. Применение гидродинамической кавитации для повышения эффективности каталитического крекинга вакуумного газойля // Вестник МИТХТ. – 2013. – Т. 8, № 3. – С. 67–69.
22. Шарипов Р.А., Сидоров Г.М., Зиннатуллин Р.Р., Дмитриев Ю.К. Роль процесса каталитического крекинга в производстве высокооктановых автомобильных бензинов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-18061> (дата обращения: 10.11.2017).

УДК 621.9.08:53.082.55

СИСТЕМА АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЯ СТЕПЕНИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ОТРАЖЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Зиятдинов Р.Р., Шабаетв А.А., Валиахметов Р.Р.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, e-mail: rust.kfu@gmail.com

Шероховатость поверхности является одним из основных параметров, характеризующих качество деталей машин. Недостатком существующих методов контроля качества поверхности является сложность измерения шероховатости в процессе обработки деталей, например при шлифовании. Шлифование является финишной операцией и во многом определяет качество изготавливаемой продукции. Существующие автоматизированные измерительные системы станочного оборудования, как правило, направлены только на контроль линейных размеров деталей. Однако для обеспечения необходимого качества важным является и контроль шероховатости обрабатываемой поверхности. Известно, что шероховатость поверхности влияет на степень поляризации отраженного от нее излучения. Поэтому одним из перспективных направлений развития методов контроля качества поверхности является применение поляризационных характеристик отраженного излучения в качестве информативного параметра. Теоретические исследования поляризации отраженного излучения являются достаточно сложными, поэтому при изучении влияния шероховатой поверхности на поляризационные характеристики предпочтительней использовать экспериментальные методы. Для достижения поставленных задач были проведены экспериментальные исследования с целью выявления влияния шероховатости поверхности на поляризационные характеристики отраженного излучения. Результаты исследования показывают на наличие корреляции между параметром шероховатости R_a и степенью поляризации отраженного от исследуемой поверхности излучения. С целью практического использования результатов эксперимента предложена система активного контроля операции шлифования на основе измерения степени поляризации отраженного от шероховатой поверхности излучения. Она позволит отслеживать изменения хода технологического процесса, в режиме реального времени вносить корректировки в технологический процесс и, следовательно, уменьшить время обработки и повысить качество деталей.

Ключевые слова: измерение шероховатости, степень поляризации отраженного излучения, система активного контроля шероховатости

IN-PROCESS MONITORING SYSTEM TO CONTROL SURFACE ROUGHNESS BASED ON MEASUREMENT OF POLARIZATION DEGREE OF REFLECTED RADIATION

Ziyatdinov R.R., Shabaev A.A., Valiakhmetov R.R.

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, e-mail: rust.kfu@gmail.com

Surface roughness is one of the parameters defining machine parts quality. Difficulty of roughness measurement in the process of parts treatment, e.g. grinding is one of the limitations of surface quality control methods among existing ones. Grinding is one of the finishing procedures and frequently it determines quality of manufactured products. Existing in-process monitoring systems are commonly designed to control linear dimensions of parts only. However treated surface quality control is also important. It is known that surface roughness has influence on polarization characteristics of radiation reflected from it. That is why one of the promising trends of development of surface quality control methods is application of polarization characteristics of reflected radiation. Theoretical research of this phenomenon is quite complicated so it is preferable to use experimental methods to research polarization characteristics of rough surface. Experimental researches to investigate influence of surface roughness on polarization characteristics of reflected radiation were conducted to achieve assigned targets. Research results demonstrate interconnection of roughness parameter R_a and polarization degree of radiation reflected from the surface under investigation. To implement experimental researches results in practice it is suggested to use in-process monitoring system to control grinding based on measurement of polarization degree of radiation reflected from rough surface. Application of such system will make it possible to respond to changes of process flow status in time, to introduce changes to cutting modes and consequently to reduce treatment period and to enhance parts quality.

Keywords: roughness measurement, polarization degree of reflected radiation, in-process monitoring system to control surface roughness

Шероховатость поверхности является одним из важных показателей качества деталей машин. Она определяет свойства как подвижных, так и неподвижных соединений, а также ряд других показателей качества [1, 2].

Важной задачей современного машиностроения является повышение экономической эффективности обработки деталей. Для этого необходимо обеспечить высокую производительность обработки при задан-

ном уровне качества поверхностного слоя деталей. Одним из путей повышения производительности является выбор оптимальных режимов резания, обеспечивающих высокую скорость обработки и требуемое качество поверхности [3].

Контроль качества поверхности деталей при обработке шлифованием является актуальной задачей. Это связано в первую очередь с тем, что шлифование является финишной обработкой и появление брака на

данной операции сводит на нет все усилия по повышению качества на предыдущих операциях. Поэтому контроль шероховатости поверхности является актуальным направлением развития автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Износ абразивного инструмента при шлифовании с течением времени приводит к изменению сил резания. Для уменьшения влияния размерного износа инструмента на погрешность обработки детали используют системы контроля линейных размеров. Однако изменение сил резания приводит также к увеличению шероховатости поверхности.

Шероховатость поверхности контролируют чаще всего после обработки. Это является экономически нецелесообразным, так как приводит только к выявлению брака. Определение же качества поверхности во время обработки позволит корректировать режимы резания для исключения брака в ходе технологического процесса. Однако применяемые в производстве методы измерения шероховатости не дают возможность проводить контроль качества поверхности в режиме реального времени.

Для измерения шероховатости используются контактные и бесконтактные методы. Первые используются для измерений шероховатости поверхностей в заводских лабораториях. К ним в первую очередь относится использование профилометров. Использование профилометров в ходе технологического процесса затруднительно из-за вибрации станочного оборудования, которая влияет на погрешность измерений. Для автоматизированного контроля качества поверхности в ходе технологического процесса предпочтительней использовать бесконтактные оптические методы, сущность которых заключается в изучении различных свойств отраженного от исследуемой поверхности излучения.

В настоящее время существуют различные оптические методы измерения шероховатости, такие как методы светового и теневого сечения профиля, растровые, рефлектометрические. Среди последних следует выделить методы, использующие в качестве информативного параметра поляризационные характеристики отраженного излучения [4, 5]. Они основаны на явлениях поляризации излучения, происходящей на границах раздела сред.

Известно, что шероховатость поверхности влияет на поляризационные характеристики отраженного от нее излучения [6, 7]. Поэтому одним из перспективных направлений развития ме-

тодов контроля качества поверхности является применение в качестве информативного параметра поляризационных характеристик отраженного излучения. Теоретические исследования поляризации отраженного излучения являются достаточно сложными, поэтому при изучении влияния шероховатой поверхности на поляризационные характеристики предпочтительней использовать экспериментальные методы. С целью выявления зависимости поляризационных параметров отраженного излучения от величины шероховатости проведены экспериментальные исследования.

Постановка эксперимента. В ходе эксперимента шероховатая поверхность освещалась пучком монохроматического излучения и фиксировалась интенсивность отраженного излучения с помощью фотоприемника. Предварительные эксперименты показали, что наиболее оптимальными углами падения и отражения является угол в 45° . При этом при определенных диапазонах шероховатости характеристика, полученная при угле падения в 60° , обладала более крутой характеристикой. Поэтому угол падения целесообразно выбирать в зависимости от диапазона измерений шероховатости. Для изучения поляризационных свойств отраженного излучения перед фотоприемником устанавливался линейный поляризатор. Структурная схема экспериментальной установки показана на рис. 1. На рисунке показаны: 1 – источник монохроматического излучения, 2 – образцовая шероховатая поверхность, 3 – линейный поляризатор, 4 – фотоприемник, 5 – блок электронной обработки.

Для уменьшения влияния фоновых шумов использовалась импульсная модуляция излучения, а в блоке электронной обработки применялся полосовой фильтр.

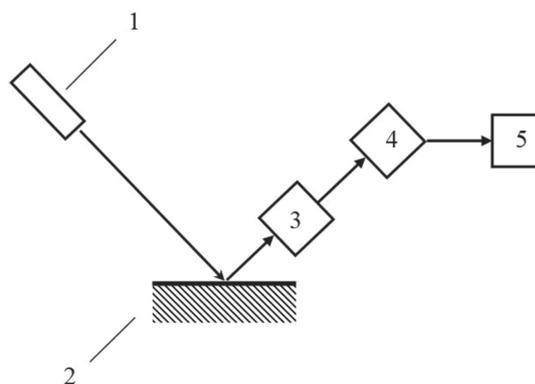


Рис. 1. Структурная схема экспериментальной установки

Результаты эксперимента

Ra, мкм	U(J ₀), В	U(J ₄₅), В	U(J ₉₀), В	P
0,1	1,74	1,69	1,63	0,033
0,2	1,40	1,05	1,02	0,2
0,4	0,99	0,67	0,62	0,268
0,8	0,80	0,48	0,53	0,386
1,6	0,59	0,31	0,31	0,44
3,2	0,37	0,18	0,17	0,473

Эксперименты проводились на образцах шероховатости по ГОСТ 9378-75 с плоской поверхностью с номинальными значениями параметра Ra 0,1 ... 3,2.

Степень поляризации вычисляется по формуле

$$P = \frac{\sqrt{2 \cdot J_{45}^2 \cdot J_0^2 + 2 \cdot J_{45}^2 \cdot J_{90}^2 + 4 \cdot J_0 \cdot J_{90} \cdot (J_0 \cdot J_{90} - J_0 \cdot J_{45} - J_{90} \cdot J_{45})}}{J_{45} \cdot (J_0 + J_{90})}$$

где J₀, J₄₅, J₉₀ – интенсивность излучения, измеренная при углах поляризатора 0, 45 и 90° соответственно.

Результаты замеров приведены в таблице.

На рис. 2 показана зависимость степени поляризации излучения от шероховатости поверхности, полученная на основе экспериментальных данных.

Для аппроксимации экспериментальной кривой использовался полином второго порядка, расчет коэффициентов аппроксимирующей функции проводили методом наименьших квадратов. Проверка адекватности полученной зависимости с помощью критерия Фишера показала, что полученная модель с высокой вероятностью хорошо описывает взаимосвязь степени поляризации отраженного излучения и параметра шероховатости Ra.

Таким образом, в результате экспериментальных исследований было выявлено наличие зависимости между степенью поляризации отраженного излучения и параметром шероховатости Ra. Полученная модель позволяет использовать степень поляризации отраженного излучения в качестве информативного параметра при контроле процесса шлифования в режиме реального времени.

Применение. С целью практического использования результатов экспериментальных исследований разработана система активного контроля качества поверхности на шлифовальных операциях.

Для управления процессом шлифования в режиме реального времени обрабатываемую деталь (D) освещают источником монохроматического излучения (L). Отраженное излучение фиксируют трехплощадочным фотоприемником (PD),

перед чувствительными площадками которого установлены линейные поляризаторы (P), оси поляризации которых ориентированы под 0, 45 и 90° соответственно. Сигнал с фотоприемника поступает в систему активного контроля (IMS). По результатам измерения шероховатости система активного контроля формирует управляющие воздействия на стойку числового программного управления станком (CNC) с целью корректировки режимов резания, либо с целью передачи сигнала о необходимости замены обрабатывающего инструмента. Корректировка режимов резания достигается формированием соответствующих управляющих сигналов со стойки числового программного управления на приводы станка (ED).

Схема активного контроля содержит три измерительных канала. Реализация обработки полученных с каждого канала данных возможна либо последовательно, либо параллельно. В первом варианте используется аналоговый коммутатор, последовательно подающий на вход аналого-цифрового преобразователя напряжения с каждого из трех измерительных каналов. Однако в этом случае появляется дополнительная динамическая погрешность измерений, вызванная замером интенсивностей линейно-поляризованного излучения в разные моменты времени. Предпочтение следует отдать схеме с параллельной обработкой (рис. 4). При реализации этого варианта, данные с фотоприемников (PD1...PD3) усиливаются и фильтруются блоками усилителей (A1...A3), преобразуются в цифровой код тремя аналого-цифровыми преобразователями (ADC1...ADC3) и считываются в один момент времени по команде с вычислительной системы (CS).

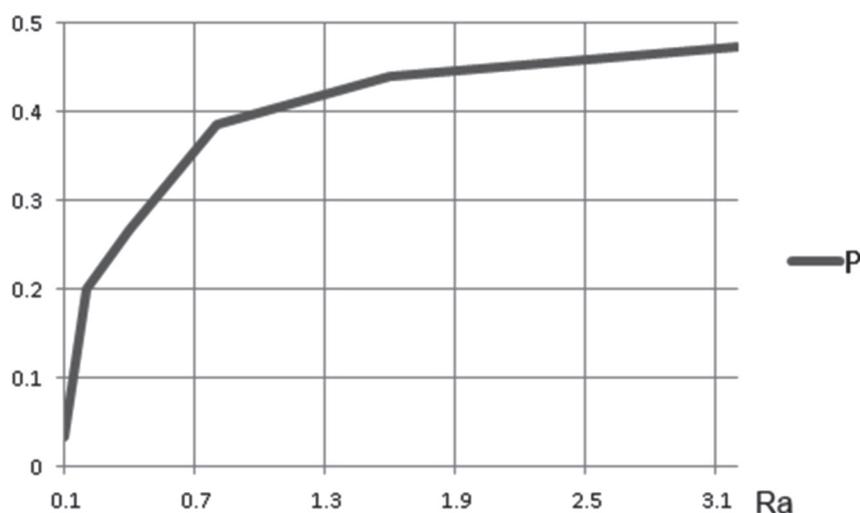


Рис. 2. Зависимость степени поляризации P от параметра шероховатости Ra

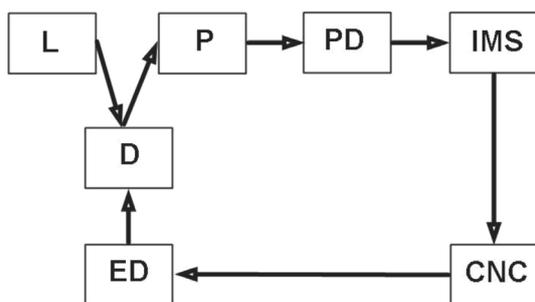


Рис. 3. Структурная схема управления процессом шлифования

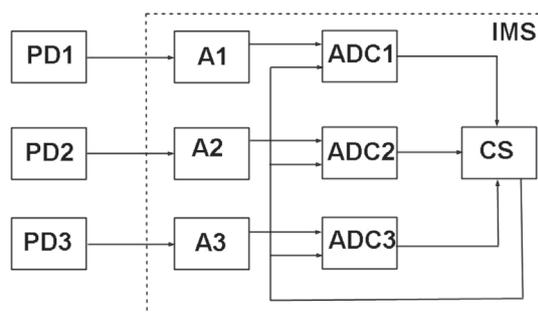


Рис. 4. Структурная схема системы активного контроля

Блоки усилителей ($A1 \dots A3$) представляют собой преобразователь тока в напряжение, усилитель и полосовой фильтр. Обработанный сигнал с фотоприемников поступает на вход вычислительной системы, которая вычисляет шероховатость поверхности и формирует сигнал на систему числового программного управления станком.

Шероховатость шлифованной поверхности во многом определяется режимами резания. Для выбора оптимальных режимов резания требуется разрешение технического противоречия. С одной стороны, уменьшению шероховатости способствует занижение режимов резания. А с другой, для повышения производительности оборудования требуются высокие скорости обработки. Повышение режимов обработки приводит к нагреву поверхностного слоя и уменьшению твердости из-за изменения

структуры металла. Это отрицательно влияет на эксплуатационные свойства деталей. Увеличение температуры также приводит к появлению деформаций в системе.

Для достижения требуемой шероховатости в конце шлифовальной операции часто используют выхаживание (шлифование без подачи). С некоторого момента времени выхаживание перестает влиять на качество поверхности и дальнейшая обработка является экономически нецелесообразной. Поэтому контроль времени выхаживания на основе измерения текущей шероховатости может повысить эффективность обработки.

Другим применением системы активного контроля может служить контроль состояния инструмента. Износ абразивного круга увеличивает шероховатость обрабатываемой поверхности, и достижение заданного уровня может служить основанием для замены инструмента или его правки.

Таким образом, применение систем активного контроля шероховатости поверхности в режиме реального времени позволяет увеличить производительность и качество обрабатываемых деталей, а также дает текущую информацию о ходе технологического процесса и состоянии обрабатывающего инструмента.

Заключение

Контроль качества поверхности в ходе выполнения технологического процесса является актуальной задачей. Одним из способов контроля качества поверхности является применение поляризационных методов измерения шероховатости. Результаты проведенных экспериментов показали наличие корреляции между шероховатостью поверхности и степенью поляризации отраженного от нее излучения. Использование полученных результатов позволяет создать автоматизированную систему контроля качества поверхности при шлифовании деталей. Она позволит отслеживать изменения хода технологического процесса, в режиме реального времени вносить корректировки в технологический процесс и, следовательно, уменьшить время обработки и повысить

качество деталей, а также контролировать состояние обрабатывающего инструмента.

Список литературы

1. Зиятдинов Р.Р. Автоматизированная система контроля шероховатости поверхности: дис. ... канд. техн. наук. – Набережные Челны, 2003. – 158 с.
2. Макеев А.В. Анализ современных методов исследования шероховатости поверхности деталей / А.В. Макеев, В.С. Айрапетян // Вестник СГУГИТ. – 2014. – № 4 (28). – С.80–86.
3. Пронин А.И. Исследование влияния параметров обработки на шероховатость поверхности деталей из закаленной стали 40Х при точении режущей керамикой / А.И. Пронин, В.В. Мыльников, Е.А. Чернышов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2017. – № 8 (689). – С. 41–45.
4. Чигиринский Ю.Л. Возможность оценки геометрических параметров микрорельефа поверхности бесконтактным методом / Ю.Л. Чигиринский, А.П. Гонтарь // Известия ВолгГТУ. – 2016. – № 14 (193). – С.40–42.
5. Макеев А.В. Применение лазерных методов для контроля микрорельефа поверхности деталей / А.В. Макеев // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. – 2015. – Т. 5, № 1. – С. 43–50.
6. Топорец А.С. Оптика шероховатой поверхности / А.С. Топорец. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1988. – 191 с.
7. Актуальные вопросы математического моделирования: идеи, методы, решения: монография / И.П. Балабанов, Л.А. Симонова, Р.Р. Зиятдинов [и др.] / Под редакцией И.П. Балабанова. – Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2016. – 210 с.

УДК 004.052.2:629.783

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗБЫТОЧНЫХ МОДУЛЯРНЫХ КОДОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ ЗАПРОСНО-ОТВЕТНЫХ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ СПУТНИКА

¹Калмыков М.И., ²Бабенко Л.К., ¹Калмыков И.А., ¹Ефременков И.Д., ¹Мирошников Д.А.

¹ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, e-mail: kia762@yandex.ru;

²ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону

В работе представлены новые принципы использования параллельных модулярных кодов при построении запросно-ответной системы распознавания спутника. Применение запросно-ответных систем в комплексах дистанционного контроля, мониторинга и управления позволяет повысить имитозащиту низкоорбитальной системы спутниковой связи (ССС). В результате их работы спутник-нарушитель, который находится в зоне видимости станции связи, расположенной на необслуживаемом объекте, не сможет навязать ретрансляционную помеху. Данная помеха, имитирующая команду управления, может вывести из строя объект контроля, что может привести к экологической катастрофе. Повысить эффективность работы запросно-ответной системы распознавания спутника можно за счет использования модулярных кодов. катастрофы. Независимая и параллельная обработка остатков по основаниям модулярного кода служит основой не только повышения скорости вычислений, но и надежности устройства. Целью исследований является повышение надежности запросно-ответных системы за счет использования разработанного алгоритма поиска и коррекции ошибок с помощью модулярных кодов.

Ключевые слова: запросно-ответные системы распознавания спутника, корректирующий модулярный код, позиционная характеристика, алгоритм обнаружения и коррекции ошибок

THE USE OF REDUNDANT MODULAR CODES IN THE DEVELOPMENT OF FAULT-TOLERANT REQUEST-RESPONSE RECOGNITION SYSTEMS SATELLITE

¹Kalmykov M.I., ²Babenco L.K., ¹Kalmykov I.A., ¹Efremenkov I.D., ¹Miroshnikov D.A.

¹Federal State Autonomous Educational Institution Higher Professional Education

«North-Caucasian Federal University», Stavropol, e-mail: kia762@yandex.ru;

²Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education

«Southern Federal University», Rostov-on-Don

The paper presents new principles of request-response detection system of the satellite by using a parallel modular codes. The use of request-response systems to systems of remote control, monitoring and management allows you to increase Kitazawa low-orbit satellite communication system (SSS). As a result of their work, the satellite, the offender, who is within sight of the stations that located on unattended object will not be able to impose relay interference. This obstacle simulates the management team, will damage the test object, which can lead to environmental disaster. To improve the efficiency of the request-response detection system the satellite can be due to the use of modular codes. disaster. abate presents a mathematical model implementation of discrete wavelet transform with the use of modular codes. Independent and parallel processing of residues on the grounds modular code is the basis not only improve the computing speed but also the reliability of the device. The aim of the research is to improve the reliability of the request-response system through the use of the developed search algorithms and error correction using modular.

Keywords: request-response detection system of the satellite, correcting modular code, positional characteristics, the detection algorithm and error correction

В настоящее время низкоорбитальные системы спутниковой связи применяются в комплексах дистанционного контроля, мониторинга и управления необслуживаемыми объектами добычи и транспортировки углеводородов, расположенных на Крайнем Севере. С целью предотвращения навязывания активной имитационной помехи чужим спутником-нарушителем предлагается использовать запросно-ответные системы распознавания спутника (ЗОСРС). В работе [1] представлен способ построения ЗОСРС, который применяет протокол аутентификации типа «запрос-ответ», использующий доказательство с нулевым разглашением знаний. Так как все вычислительные опера-

ции проводятся по большому модулю, чтобы обеспечить высокую имитостойкость протокола, то запросно-ответная система распознавания спутника характеризуется значительными схемными затратами. Это негативно влияет на надежность работы ЗОСРС. Решить данную проблему можно за счет применения модулярных кодов (МК). Поэтому разработка новых принципов построения запросно-ответной системы распознавания спутника в модулярном коде является актуальной задачей.

Цель исследования

Использование модулярных кодов позволяет повысить точность и скорость вы-

полнения операций сложения, вычитания и умножения по модулю [2, 3]. Переход к параллельной и независимой обработке данных, отсутствие обмена промежуточных результатов вычислений между основаниями МК служит основой для применения таких кодов в процедурах поиска и коррекции ошибок. В отличие от известных помехоустойчивых кодов модулярные коды могут исправлять ошибки, которые возникают в процессе выполнения арифметических операций, тем самым повышая надежность работы вычислительных устройств. Поэтому целью работы является повышение надежности запросно-ответных системы за счет использования разработанного алгоритма поиска и коррекции ошибок с помощью модулярных кодов.

Материалы и методы исследования

С целью повышения надежности запросно-ответной системы опознавания статуса спутника, способ построения которой представлен в работах [1, 4–6], предлагается использовать МК, в частности коды системы остаточных классов (СОК). Коды СОК относятся к непозиционным кодам, в которых число X представляется в виде кортежа остатков (x_1, x_2, \dots, x_k) , где $X \equiv x_i \pmod{m_i}$; $i = 1, 2, \dots, k$. Взаимно простые числа m_i являются основаниями кода СОК. Их произведение определяет рабочий диапазон СОК

$$M_{\text{раб}} = \prod_{i=1}^k m_i. \tag{1}$$

Числа $X = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ и $Y = (y_1, y_2, \dots, y_k)$, которые представлены в коде СОК, можно быстро и параллельно складывать, вычитать и умножать по модулям m_i . Тогда справедливо

$$\begin{aligned} X + Y &= ((x_1 + y_1) \pmod{m_1}, \\ &(x_2 + y_2) \pmod{m_2}, \dots, \\ &(x_k + y_k) \pmod{m_k}), \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned} X - Y &= ((x_1 - y_1) \pmod{m_1}, \\ &(x_2 - y_2) \pmod{m_2}, \dots, \\ &(x_k - y_k) \pmod{m_k}), \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned} X \cdot Y &= ((x_1 \cdot y_1) \pmod{m_1}, \\ &(x_2 \cdot y_2) \pmod{m_2}, \dots, \\ &(x_k \cdot y_k) \pmod{m_k}), \end{aligned} \tag{4}$$

где $Y \equiv y_i \pmod{m_i}$; $i = 1, 2, \dots, k$.

Для разработки новых принципов построения запросно-ответной системы распознавания спутника в модулярном коде необходимо выбрать основания МК, которые бы имели одинаковый первообразный элемент g и удовлетворили условию

$$M_{\text{раб}} = \prod_{i=1}^k m_i > q, \tag{5}$$

где q – модуль, используемый в работе ЗОСПС; g – первообразный элемент мультипликативной группы, порожденной простым числом q .

Воспользуемся алгоритмом работы ЗОСПС, приведенным в работе [1]. Для повышения имитостойкости ЗОСПС в системе кроме секретного ключа U используется сеансовый ключ $S(j)$, а также параметр $T(j)$, который позволяет определить повторное применение сеансового ключа. Представим их в модулярном коде. Тогда

$$\begin{aligned} U &= (u_1, u_2, \dots, u_k); \\ S(j) &= (S_1(j), S_2(j), \dots, S_k(j)); \\ T(j) &= (T_1(j), T_2(j), \dots, T_k(j)), \end{aligned} \tag{6}$$

где

$$\begin{aligned} U &\equiv u_i \pmod{m_i}; S(j) \equiv S_i(j) \pmod{m_i}; \\ T(j) &\equiv T_i(j) \pmod{m_i}; i = 1, 2, \dots, k. \end{aligned}$$

На первом этапе ответчик определяет истинный статус спутника с использованием МК

$$\begin{cases} C_1 = \left| g^{u_1} g^{S_1(j)} g^{T_1(j)} \right|_{m_1}^+ \\ \vdots \\ C_k = \left| g^{u_k} g^{S_k(j)} g^{T_k(j)} \right|_{m_k}^+ \end{cases}. \tag{7}$$

На втором этапе ответчик производит зашумление модулярного кода согласно

$$\begin{aligned} u_i^* &= \left| u_i + \Delta u_i \right|_{m_i}^+; \\ S_i^*(j) &= \left| S_i(j) + \Delta S_i(j) \right|_{m_i}^+; \\ T_i^*(j) &= \left| T_i(j) + \Delta T_i(j) \right|_{m_i}^+. \end{aligned} \tag{8}$$

где

$$\begin{aligned} \Delta U &\equiv \Delta u_i \pmod{m_i}; \Delta S(j) \equiv \Delta S_i(j) \pmod{m_i}; \\ \Delta T(j) &\equiv \Delta T_i(j) \pmod{m_i}; i = 1, 2, \dots, k. \end{aligned}$$

На третьем этапе ответчик определяет зашумленный статус спутника в МК

$$\begin{cases} C_1^* = \left| g^{u_1^*} g^{S_1^*(j)} g^{T_1^*(j)} \right|_{m_1}^+ \\ \vdots \\ C_k^* = \left| g^{u_k^*} g^{S_k^*(j)} g^{T_k^*(j)} \right|_{m_k}^+ \end{cases}. \tag{9}$$

На четвертом этапе запросчик пересылает вопрос $d = (d_1, d_2, \dots, d_k)$ ответчику.

На пятом этапе ответчик приступает к вычислению ответов на вопрос d , согласно

$$\begin{aligned} r_i(1) &= \left| u_i^* - d_i u_i \right|_{\varphi(m_i)}^+; \\ r_i(2) &= \left| S_i^*(j) - d_i S_i(j) \right|_{\varphi(m_i)}^+; \\ r_i(3) &= \left| T_i^*(j) - d_i T_i(j) \right|_{\varphi(m_i)}^+. \end{aligned} \tag{10}$$

На шестом этапе ответчик передает запросчику сигнал в виде

$$\{(C_1, C_2, \dots, C_k), (C_1^*, C_2^*, \dots, C_k^*), (r_1(1), r_2(1), \dots, r_k(1)), (r_1(2), r_2(2), \dots, r_k(2)), (r_1(3), r_2(3), \dots, r_k(3))\}.$$

На седьмом этапе запросчик проверяет истинность полученных ответов

$$\begin{cases} Y_1 = \left| C_1^{d_1} g^{r_1(1)} g^{r_1(2)} g^{r_1(3)} \right|_{m_1}^+ \\ \vdots \\ Y_k = \left| C_k^{d_k} g^{r_k(1)} g^{r_k(2)} g^{r_k(3)} \right|_{m_k}^+ \end{cases} \quad (11)$$

Спутник будет считаться «своим», если будет справедливо равенство

$$\{Y_1 = C_1^*, Y_2 = C_2^*, \dots, Y_k = C_k^*\}. \quad (12)$$

Чтобы выполнять поиск и исправление ошибок, необходимо в модулярный код ввести избыточные основания [5, 7, 8]. Для исправления однократной ошибки вводятся два основания m_{k+1}, m_{k+2} , которые удовлетворяют условию

$$m_{k+2} > m_{k+1} > m_k > \dots > m_1. \quad (13)$$

Это приводит к появлению полного диапазона МК

$$M_{\text{полн}} = \prod_{i=1}^{k+2} m_i = M_{\text{раб}} m_{k+1} m_{k+2}. \quad (14)$$

Если кодовая комбинация МК не превышает значения $M_{\text{раб}}$, то такая комбинация не содержит ошибки. В противном случае – комбинация является запрещенной. Чтобы определить данное условие в МК используют позиционные характеристики (ПК) [2, 6, 7, 9]. В работе предлагается разработанный алгоритм вычисления интервального номера числа. Известно

$$L = \left\lfloor A / M_{\text{раб}} \right\rfloor, \quad (15)$$

где $\left\lfloor \right\rfloor$ – целая часть, полученная от деления.

В алгоритме используется китайская теорема об остатках (КТО), согласно которой

$$X = \left| x_1 B_1 + x_2 B_2 + \dots + x_{k+2} B_{k+2} \right|_{M_{\text{раб}}}^+ = \left| \sum_{i=1}^{k+2} x_i B_i \right|_{M_{\text{раб}}}^+, \quad (16)$$

где B_i – ортогональный базис основания m_i .

Для вычисления L воспользуемся свойством подобия ортогональных базисов

$$B_i^* \equiv B_i \pmod{M_{\text{раб}}}, \quad (17)$$

где B_i^* – ортогональные базисы полной и безыбыточной системы оснований.

Тогда ортогональный базис B_i представляется как

$$B_i = \left\lfloor B_i (M_{\text{раб}})^{-1} \right\rfloor M_{\text{раб}} + B_i^* = K_i M_{\text{раб}} + B_i^*. \quad (18)$$

Известно, что значения интервала числа L крутятся по модулю $M_{\text{конт}} = m_{k+1} m_{k+2}$. Значит, выражение (15) можно заменить следующим равенством

$$L = \left\lfloor \left(\sum_{i=1}^{k+2} x_i (K_i M_{\text{раб}} + B_i^*) - R M_{\text{полн}} \right) / M_{\text{раб}} \right\rfloor = \left\lfloor \sum_{i=1}^{k+2} x_i K_i + R^* \right\rfloor \pmod{M_{\text{конт}}}, \quad (19)$$

где $R^* = \left\lfloor \sum_{j=1}^k x_j B_j^* / M_{\text{раб}} \right\rfloor$ – ранг системы безыбыточного МК.

Если комбинация не имеет ошибки, то $X = (x_1, x_2, \dots, x_k) < M_{\text{раб}}$ и значение $L = 0$. В противном случае, при наличии ошибки, $X = (x_1, x_2, \dots, x_k) > M_{\text{раб}}$ и $L > 0$. По величине интервального номера можно определить местоположение и глубину ошибки.

Результаты исследования и их обсуждение

Пусть заданы основания МК $p_1 = 11, p_2 = 13, p_3 = 19$, которые обладают $g = 2$. Диапазон МК будет составлять $M_{\text{раб}} = 2717$. Выбираем значение секретных параметров и представляем их в СОК: $U = 15 = (4, 2, 15), S = 7 = (7, 7, 7), T = 5 = (5, 5, 5)$. Вычислим истинный статус спутника:

$$C_1 = g^{U_1} g^{S_1} g^{T_1} \bmod m_1 = |2^4 \cdot 2^7 \cdot 2^5|_{11}^+ = |2^6|_{11}^+ = 9;$$

$$C_2 = g^{U_2} g^{S_2} g^{T_2} \bmod m_2 = |2^2 \cdot 2^7 \cdot 2^5|_{13}^+ = |2^2|_{13}^+ = 4;$$

$$C_3 = g^{U_3} g^{S_3} g^{T_3} \bmod m_3 = |2^{15} \cdot 2^7 \cdot 2^5|_{19}^+ = |2^9|_{19}^+ = 18.$$

Значение $C = (9, 4, 18)$ записывается в память КА.

Пусть «зашумление» равно $\Delta U = 3, \Delta S = 5, \Delta T = 9$. Тогда получаем зашумленные значения $U^* = (7, 5, 18), S^* = (1, 12, 12)$ и $T^* = (3, 1, 14)$. Вычислим зашумленный статус спутника

$$C_1^* = g^{K_1^*} g^{S_1^*} g^{T_1^*} \bmod p_1 = (2^7 \cdot 2^1 \cdot 2^3) \bmod 11 = 2^{11} \bmod 11 = 2,$$

$$C_2^* = g^{K_2^*} g^{S_2^*} g^{T_2^*} \bmod p_2 = (2^5 \cdot 2^{12} \cdot 2^1) \bmod 13 = 2^6 \bmod 13 = 12,$$

$$C_3^* = g^{K_3^*} g^{S_3^*} g^{T_3^*} \bmod p_3 = (2^{18} \cdot 2^{12} \cdot 2^{14}) \bmod 19 = 2^8 \bmod 19 = 9.$$

Зашумленный статус спутника равен $C^* = (2, 12, 9)$. Он записывается в память КА.

Запросчик, увидев спутник, пересылает ему «вопрос» $d = 7 = (7, 7, 7)$. Ответчик вычисляет ответы на поставленный вопрос. Первый ответ в коде СОК равен

$$r_1(1) = (U_1^* - dU_1) \bmod \varphi(11) = (7 - 7 \cdot 4) \bmod 10 = 9;$$

$$r_2(1) = (U_2^* - dU_2) \bmod \varphi(13) = (5 - 7 \cdot 2) \bmod 12 = 3;$$

$$r_3(1) = (U_3^* - dU_3) \bmod \varphi(19) = (18 - 7 \cdot 15) \bmod 18 = 3.$$

Второй ответ на поставленный вопрос, представленный в коде СОК, имеет вид

$$r_1(2) = (S_1^* - dS_1) \bmod \varphi(11) = (1 - 7 \cdot 7) \bmod 10 = 2;$$

$$r_2(2) = (S_2^* - dS_2) \bmod \varphi(13) = (12 - 7 \cdot 7) \bmod 12 = 11;$$

$$r_3(2) = (S_3^* - dS_3) \bmod \varphi(19) = (12 - 7 \cdot 7) \bmod 18 = 17.$$

Третий ответ на поставленный вопрос, представленный в коде СОК, имеет вид

$$r_1(3) = (T_1^* - dT_1) \bmod \varphi(11) = (3 - 7 \cdot 5) \bmod 10 = 8;$$

$$r_2(3) = (T_2^* - dT_2) \bmod \varphi(13) = (1 - 7 \cdot 5) \bmod 12 = 2;$$

$$r_3(3) = (T_3^* - dT_3) \bmod \varphi(19) = (14 - 7 \cdot 5) \bmod 18 = 15.$$

Вычисленные истинный и зашумленный статусы, а также ответы передаются ответчику. Ответчик проверяет статус спутника. Для этого вычисляется

$$A_1 = C_1^d g^{r(1)_1} g^{r(2)_1} g^{r(3)_1} \bmod p_1 = (9^7 \cdot 2^9 \cdot 2^2 \cdot 2^8) \bmod 11 = 2^1 \bmod 11 = 2;$$

$$A_2 = C_2^d g^{r(1)_2} g^{r(2)_2} g^{r(3)_2} \bmod p_2 = (4^7 \cdot 2^3 \cdot 2^{11} \cdot 2^2) \bmod 13 = 2^6 \bmod 13 = 12;$$

$$A_3 = C_3^d g^{r(1)_3} g^{r(2)_3} g^{r(3)_3} \bmod p_3 = (18^7 \cdot 2^3 \cdot 2^{17} \cdot 2^{15}) \bmod 19 = 2^8 \bmod 19 = 9.$$

Так как $A_1 = C_1^* \bmod p_1 = 2, A_2 = C_2^* \bmod p_2 = 12, A_3 = C_3^* \bmod p_3 = 9$, то спутник аутентифицируется как «свой», и начинается обмен данными между КА и объектом.

Рассмотрим выполнение разработанного поиска и коррекции ошибок. Пусть заданы рабочие основания $p_1 = 11, p_2 = 13, p_3 = 19$. Тогда рабочий диапазон модулярного кода составит $M_{\text{раб}} = 2717$. В качестве контрольных оснований выбираем $p_4 = 29, p_5 = 37$. Это приводит к расширению диапазона $M = 2915341$. При этом $M_{\text{конт}} = 1073$. Ортогональные базисы равны

$$B_1 = K_1 M_{\text{раб}} + B_1^* = 682 \cdot M_{\text{раб}} + 2223 = 1855217;$$

$$B_2 = K_2 M_{\text{раб}} + B_2^* = 165 \cdot M_{\text{раб}} + 209 = 448514;$$

$$B_3 = K_3 M_{\text{раб}} + B_3^* = 847 \cdot M_{\text{раб}} + 286 = 2301585;$$

$$B_4 = K_4 M_{\text{раб}} = 74 \cdot M_{\text{раб}} = 201058;$$

$$B_5 = K_5 M_{\text{раб}} = 377 \cdot M_{\text{раб}} = 1024309.$$

Пусть на вход устройства поступает разрешенная комбинация $A = 401 = (5, 11, 2, 24, 31)$. Вычислим значение ранга безыбыточного МК по основаниям $p_1 = 11, p_2 = 13, p_3 = 19$.

$$R^* = \left[\sum_{i=1}^3 \alpha_i B_i^* / M_{\text{раб}} \right] = [5 \cdot 2223 + 11 \cdot 209 + 2 \cdot 286 / 2717] = 5.$$

Воспользуемся алгоритмом (19) для вычисления интервального номера числа

$$l = \left| \sum_{i=1}^5 \alpha_i K_i + R \right|_{P_{\text{конт}}}^+ = |5 \cdot 682 + 11 \cdot 165 + 2 \cdot 847 + 24 \cdot 74 + 31 \cdot 377 + 5|_{11073}^+ = 0.$$

Так как интервальный номер равен нулю, то это означает, что кодовая комбинация числа $A = 401 = (5, 11, 2, 24, 31)$ является разрешенной и не содержит ошибки.

Пусть в процессе вычислений произошла ошибка, которая исказила первый остаток. Тогда комбинация имеет вид $A^* = (7, 11, 2, 24, 31)$. Тогда значение ранга безыбыточного модулярного кода по основаниям

$$R^* = \left[\sum_{i=1}^3 \alpha_i B_i^* / M_{\text{раб}} \right] = [7 \cdot 2223 + 11 \cdot 209 + 2 \cdot 286 / 2717] = 6.$$

Вычислим значение интервального номера $A^* = (7, 11, 2, 24, 31)$, используя (19). Получаем

$$l = \left| \sum_{i=1}^5 \alpha_i K_i + R \right|_{P_{\text{конт}}}^+ = |7 \cdot 682 + 11 \cdot 165 + 2 \cdot 847 + 24 \cdot 74 + 31 \cdot 377 + 6|_{11073}^+ = 292.$$

Так как $L = 292$, то комбинация числа $A^* = (7, 11, 2, 24, 31)$ содержит ошибку. Данное значение интервала соответствует вектору ошибки $\Delta_{\text{конт}} = (9, 0, 0)$. Исправим ошибку

$$A^* + \Delta_{\text{конт}} = (7, 11, 2) + (9, 0, 0) = (|7 + 9|_{11}^+, |11 + 0|_{13}^+, |2 + 0|_{19}^+) = (5, 11, 2).$$

Заключение

В статье представлены новые принципы построения запросно-ответной системы распознавания спутника в модулярном коде. Так как скорость выполнения мультипликативных операций пропорциональна разрядности операндов, то применение 5-разрядных оснований в рассмотренном примере позволило повысить скорость вычислений более чем в 2 раза, по сравнению с использованием 12-разрядного модуля q . Кроме того применение МК повышает отказоустойчивость запросно-ответной системы распознавания спутника. Разработанный алгоритм вычисления ПХ интервальный номер позволяет исправлять 100% однократных ошибок, которые возникают в процессе работы ЗОСРС. Данное направление является перспективой применения модулярных кодов для построения отказоустойчивых запросно-ответных систем распознавания спутника.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-37-50017.

Список литературы

1. Калмыков М.И., Саркисов А.Б., Петрова Е.В. Способ построения системы опознавания «свой-чужой» на основе протокола протокола с нулевым разглашением. Патент 2570700. 2015. Бюл. № 34.
2. Червяков Н.И., Коляда А.А., Ляхов П.А. Модулярная арифметика и ее приложения в инфокоммуникационных технологиях / Н.И. Червяков, А.А. Коляда, П.А. Ляхов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017. – 400 с.
3. Ananda Mohan Residue Number Systems. Theory and Applications // Springer International Publishing Switzerland. – 2016 – 351 p.
4. Пашинцев В.П., Калмыков М.И., Ляхов А.В. Применение помехоустойчивого протокола аутентификации космического аппарата для низкоорбитальной системы спутниковой связи // Инфокоммуникационные технологии. – 2015. – № 2. – С. 183–190.
5. Omondi A. and Premkumar B. Residue Number Systems: Theory and Implementation. Imperial College Press. UK 2007. – 296 p.
6. Yones D. Comparative Study on Different Moduli Sets in RNS. International Conference on Computer System and Industrial Informatics (ICCSII). – 2012. – P. 1–6.
7. Резеньков Д.Н., Горденко Д.В., Саркисов А.Б. Методы и алгоритмы реконфигурации непозиционных вычислительных структур для обеспечения отказоустойчивости спецпроцессоров. – Ставрополь: Издательско-информационный центр «Фабула», 2014. – 180 с.
8. Mohan P.V. Residue Number Systems. Algorithms and Architectures. Springer Science + Business Media New York. – 2002. – 254 p.
9. Kalmykov I.A., Katkov K.A., Timoshenko L.I., Dunin A.V., Gish, T.A. Application of Modular Technologies in the Large-Scale Analysis of Signals // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2015. – № 80(3). – P. 391–400.

УДК 667.629.8:621.382

ПОЛИОРГАНОСИЛОКСАНОВЫЕ ПОКРЫТИЯ С ПОВЫШЕННОЙ ТВЕРДОСТЬЮ И ЭЛАСТИЧНОСТЬЮ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Коблова Л.Б.

ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова», Владикавказ, e-mail: lara_koblova@mail.ru

Данная статья посвящена разработке кремнийорганических полимерных композиций, а также исследованию физико-химических свойств покрытий, которые были получены при модификации кремнийорганических лестничных блок-сополимеров. В качестве основы разрабатываемой композиции был использован кремнийорганический блок-сополимер «Лестосил СМ», который состоит из жестких фенилсилесквиоксановых и эластичных одноцепочечных диметилсилоксановых звеньев, содержащих концевые гидроксильные группы. В качестве отверждающей системы использовались метакрилатметилтриэтоксисилан и раствор полидиметилборцирконсилоксана в триэтоксисилане. Чтобы повысить твердость покрытия при сохранении его высокой эластичности, в композицию на основе полиорганосилесквиоксана вводили различные по составу смолы, а также полидиметилборцирконсилоксан, термостабилизированный при температуре более 250 °С. В качестве стабилизирующих добавок были использованы 8-оксихинолин, бензимидазол, 1,2,3-бензотриазол и анилин, которые также обеспечили дополнительную сшивку основы. Изменялись диэлектрическая проницаемость ϵ , удельное объемное электрическое сопротивление ρ_v , тангенс угла диэлектрических потерь $\tan \delta$, а также твердость и эластичность покрытий, а также их коррозионная активность к алюминию. Исследованы степень чистоты исходных компонентов, влагозащитные и адгезионные свойства покрытий. Показано, что полученные композиции могут быть рекомендованы для защиты p-n-переходов резисторов, микросхемных элементов, ГИС СВЧ, транзисторов и иных изделий электронной техники.

Ключевые слова: полиорганосилоксаны, защита поверхности интегральных устройств, полиорганосилесквиоксаны, электроизоляционные полимерные материалы, термоморозостойкие эластомерные покрытия, стабилизирующие добавки

POLYORGANOSILOXANE COATINGS WITH HIGH SOLIDITY AND ELASTICITY, DESIGNED FOR PROTECTION OF ELECTRONIC EQUIPMENT PRODUCTS

Koblova L.B.

North-Osetian State University named after Khetagurov, Vladikavkaz, e-mail: lara_koblova@mail.ru

This article is devoted to the development of organosilicon polymer compositions, as well as to the study of the physicochemical properties of coatings obtained with the modification of organosilicon block copolymers. The silicone block copolymer Lestosil SM was used as the basis of the composition being developed. It consists of rigid phenylsilsesquioxane and elastic single-chain dimethylsiloxane units with terminal hydroxyl groups. As the curing system, methacrylate methyltriethoxysilane and a solution of polydimethyl borancirconsiloxane in triethoxysilane were used. In order to increase the hardness of the coating while maintaining its high elasticity, various resin compositions were introduced into the composition based on polyorganosilsesquioxane, as well as polydimethylborancirconsiloxane thermally stabilized at temperatures above 250 °C. As stabilizing additives, 8-hydroxyquinoline, benzimidazole, 1,2,3-benzotriazole and aniline were used, which also provided additional base crosslinking. The specific permittivity ϵ , volumetric electrical resistance ρ_v , the tangent of the dielectric loss angle $\tan \delta$ and the elasticity and hardness of the coatings, as well as their corrosivity to aluminum were measured. The degree of purity of the initial components, moisture protection and adhesion properties of the coatings were investigated. It is shown that the developed compositions can be recommended for the protection of p-n junctions of resistors, microcircuit elements, microwave GIS, transistors and other electronics products.

Keywords: polyorganosiloxanes, surface protection of integral devices, polyorganosilsesquioxanes, electrical insulating polymeric materials, thermo frost resistant elastomeric coatings, stabilizing additives

Повышение технического уровня изделий микро- и нанoeлектроники, которые обладают стабильными характеристиками, а также высокой надёжностью при эксплуатации – актуальная задача в наше время.

Надёжность изделий электронной техники (ИЭТ) при эксплуатации в большой степени зависит от качества защиты их пассивных и активных элементов от воздействия влаги, а также иных климатических факторов полимерными электроизоляционными материалами. Это определяет ряд

специфических требований, которые предъявляются к защитным материалам [1]:

- высокая степень чистоты – содержание ионных примесей Na^+ , K^+ и Cl^- в композиции не должно быть более $1 \times 10^{-4}\%$ каждого иона;
- широкий диапазон рабочих температур от -70 до $+250$ °С;
- стойкость к кратковременному воздействию температур $300-400$ °С;
- высокая адгезия к конструкционным материалам: Al, Si, Cu, Au, феррит, поликор, стеклотекстолит и др.;

– высокие влагозащитные и электроизоляционные свойства;

– коррозиопассивность по отношению к Al и Cu;

– сочетание твердости и высокой прочности с эластичностью покрытия;

– высокие технологические свойства: композиция наносится распылением, окутанием, наливом, кистью в один или несколько слоев;

– отверждение покрытия при температуре не выше +100 °С в течение 3–5 часов;

– стойкость покрытия к воздействию жестких климатических факторов: термоциклирования, высокой влажности, теплового старения, кипячения и других.

Этим требованиям в наибольшей мере отвечают кремнийорганические полимерные материалы, обладающие высокими влагозащитными и электроизоляционными свойствами в широком диапазоне температур. Зарубежные фирмы, такие как «Dow Corning Co.» (США) и «Shin-Etsu Chemical Co» (Япония), для защиты полупроводниковых приборов (ПП) и интегральных схем (ИС) предлагают серию силиконовых эластомеров с высокой степенью химической чистоты, обладающих широким диапазоном реологических свойств (от мягкого геля до тиксотропных компаундов) [2].

Наибольший интерес для разработки композиции, удовлетворяющей указанным требованиям, представляют кремнийорганические блок-сополимеры лестничного строения, которые состоят из жестких фенилсилесквиоксановых $[\text{PhSiO}_{3/2}]_m$ и эластичных диметилсилоксановых $[(\text{CH}_3)_2\text{SiO}]_n$ звеньев, содержащих концевые гидроксильные группы [3].

Отечественной промышленностью (ФГУП «НИИСК», г. Санкт-Петербург) производится блок-сополимер «Лестосил СМ» (ТУ 38.031.006-90), который позволяет получать термостойкие электроизоляционные покрытия, сочетающие прочность и твердость с высокой эластичностью. «Лестосил СМ» – порошкообразный продукт, способный растворяться в этилацетате, бутилацетате и толуоле. Согласно техническим условиям полимер используется в виде раствора для получения адгезионных, а также ненаполненных и наполненных покрытий для различных приборов, конструкций, деталей и изделий, которые работают при температурах от –60 °С до +300 °С. Покрытие устойчиво в среде водяного пара (в том числе перегретого), озоне, кислороде, пищевых кислотах, обладает исключительной гидрофобностью, нетоксично и биоинертно. Разрешено для применения в хлебопекарной промышленно-

сти (покрытие хлебных форм), в медицине (защита титановых кардиостимуляторов). Композицию можно использовать как универсальное электроизоляционное гидрофобное влагозащитное покрытие изделий электронной техники: ячеек, блоков и узлов на микросхемах, микросборок и других изделий электронной техники с объемным и печатным монтажом, печатных плат на стеклопластике, гетинаксе, полиамидной пленке, керамике; конструкционных узлов из разнородных материалов, линий задержки, антенн, волноводов, солнечных батарей, обтекателей; для пропитки пористых и волокнистых материалов (бумаги, тканей, керамики, ферритов), а также в качестве антиадгезионного покрытия.

Цель исследования: получение новой кремнийорганической композиции низкотемпературного отверждения на основе блок-сополимера «Лестосил СМ», позволяющей получать термо- и морозостойкие коррозиопассивные эластомерные покрытия с повышенными адгезионными, влагозащитными и электроизоляционными свойствами и твердостью.

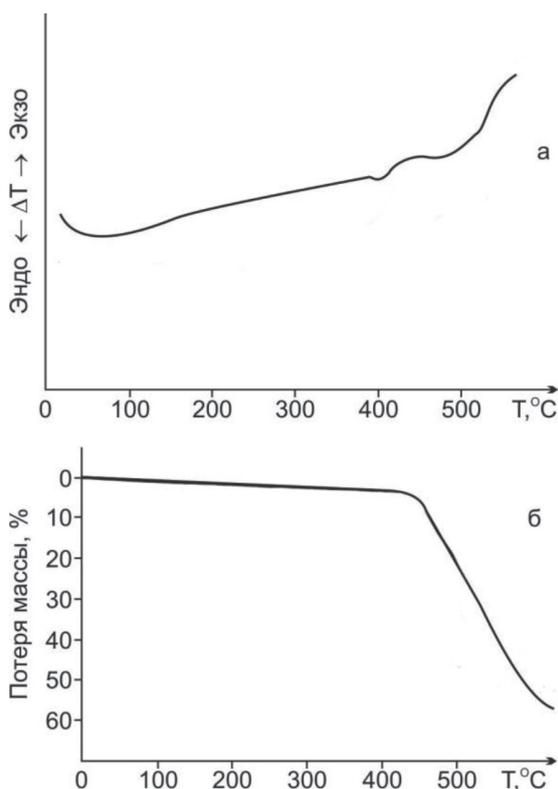
Материалы и методы исследования

Термостойкость блок-сополимера «Лестосил СМ» определялась методами термогравиметрического и дифференциально-термического анализов (ТГА и ДТА). Термограммы, которые были получены на дериватографе системы Ф. Паулик, И. Паулик и Л. Эрдеи в атмосфере воздуха при температурном нагреве со скоростью 7 °/мин., показывают, что температура начала термоокислительной деструкции полимера равна 380 °С, а 5% потерю массы можно наблюдать при 400 °С (рисунок).

Содержание ионных примесей в блок-сополимере не контролируется, поэтому его предварительно очищали методом пересадки этиловым спиртом из толуольного раствора. Содержание ионных примесей металлов в исходном и очищенном полимере определяется методом атомно-эмиссионного спектрального анализа, основанном на концентрировании примесей на угольном коллекторе [4]. Примеси ионов Cl⁻ в кремнийорганических полимерах определяются потенциометрическим титрованием водного экстракта полимера раствором AgNO₃ с серебряным индикаторным электродом. Как показали проведенные исследования, содержание наиболее подвижных ионов Na⁺, K⁺ и Cl⁻, которые способны вызывать появление токов утечки, снижать рабочие характеристики изделий и вызывать коррозию их металлических конструктивных элементов, в очищенном блок-сополимере составляет не более 1×10⁻⁴%. После очищения продукт растворяли в толуоле. Покрытие, которое было получено из 20% раствора очищенного продукта в толуоле, не оказывает коррозионного действия на алюминий.

Коррозионная активность композиции определялась по следующей методике [5]. Испытание проводится при температуре 85 ± 2 °С, постоянном напряжении 100 ± 5В и относительной влажности 95 ± 3%. Испытуемое покрытие в виде пленки раз-

мером 50x4 мм помещают на электроды, предварительно покрытые алюминиевой фольгой. Электроды закрепляют на плате из полиметилметакрилата. Для улучшения контакта пленки с электродами и фольгой материал с наружной поверхности необходимо прижать грузом. Электроды подключаются к источнику питания. Испытания проводятся 96 часов. После окончания этого времени плату с электродами и образцами извлекают, фольгу визуально осматривают под микроскопом. Оценка результатов производится по 4-балльной системе от 0 до 3 баллов в зависимости от изменений фольги: 0 баллов – отсутствие коррозии, 3 балла – очень высокая степень коррозии.



Кривые ДТА (а) и ТГА (б) блок-сополимера «Лестосил СМ»

Коррозионная активность покрытия, полученного из 20% раствора блок-сополимера «Лестосил СМ» по отношению к алюминиевой фольге составляет 0 баллов. Это значит, что материал является коррозиопассивным.

Благодаря наличию концевых гидроксильных групп, массовая доля которых составляет 0,4–0,5%, блок-сополимер «Лестосил СМ» может отверждаться при комнатной температуре по реакции поликонденсации под воздействием полифункциональных кремнийорганических соединений: орстаноаминоалкокси- и ацилоксисиланов, кремнийорганических амидов и оксидов, а также оловоорганических соединений в присутствии сшивающих агентов. В процессе отверждения блок-сополимера указанными соединениями по реакции поликонденсации образуются побочные продукты: уксусная кислота, вода, спирт и другие, что приводит к коррозионному дей-

ствию покрытия на конструкционные элементы изделия. Чтобы избежать этого, при выборе отверждающей системы нужно контролировать коррозионную активность отвержденного покрытия. Основными критериями при выборе отверждающей системы для блок-сополимера «Лестосил СМ» были: получение стабильной однокомпонентной композиции со сроком хранения не меньше 3 месяцев, высокие электроизоляционные и адгезионные свойства покрытия, которое было получено по режиму отверждения при температуре не выше +70°C в течение 4–5 часов, и отсутствие коррозии на активных элементах. Этим требованиям в полной мере отвечает отверждающая система, которая представляет собой 10–20% раствор полидиметилборцирконсилоксана (БЦС) в триэтоксисилане [5–8]. Использование полидиметилборцирконсилоксана, содержащего атомы В и Zr в полимерной цепи в качестве компонента отверждающей системы, позволяет получать коррозионно-пассивные электроизоляционные покрытия, которые обладают высокой адгезией к конструкционным материалам и работают в широком диапазоне температур при воздействии повышенной влажности. Показано, что при отверждении композиций, в состав которых входит раствор БЦС в триэтоксисилане, не происходит выделения побочных продуктов, способных вызывать коррозию металлических элементов (Al и Cu), поэтому покрытия обладают высокими электроизоляционными и влагозащитными свойствами в широком диапазоне температур и напряжений [4–8].

Полидиметилборцирконсилоксан является продуктом взаимодействия ацетилацетоната циркония и борной кислоты с линейным α,ω-дигидроксиполидиметилсилоксаном. Он получается при массовом соотношении компонентов 100:16,8:0,65, которое соответствует соотношению Si : B : Zr = 1000:200:1, в присутствии воды в реакторе из нержавеющей стали, снабженном системой подачи воздуха, мешалкой, а также рубашкой для обогрева. Высушенный и очищенный полимер – вязкий прозрачный гидролитически стойкий продукт с содержанием В 0,6–0,8 мас. % и Zr 0,0002 мас. %. Продукт длительно хранится в герметично закрытых фторопластовых емкостях. Содержание ионогенных примесей в полимере (ионов Na⁺, K⁺ и Cl⁻) составляет не более 5 · 10⁻⁵% [5].

Термостойкость синтезированного полимера изучали методами ТГА и ДТА. Температура начала термоокислительной деструкции БЦС составляет 370°C, а 5%-ную потерю массы можно наблюдать при 390°C. Это позволяет использовать указанный компонент при получении термостойких композиций, которые длительно работают под воздействием высоких температур [5].

На основе блок-сополимера «Лестосил СМ» и раствора полидиметилборцирконсилоксана в триэтоксисилане в качестве отверждающей системы была разработана однокомпонентная композиция низкотемпературного отверждения, позволяющая получать коррозионно-пассивные покрытия, обладающие отличной адгезией к различным конструкционным материалам, как в нормальных климатических условиях, так и при условии воздействия жестких климатических факторов [9, 10]. Покрытие может работать в диапазоне температур от –70 до +250°C (кратковременно до +400°C), сочетает прочность с высокой эластичностью, а также имеет высокие диэлектрические характеристики (в том числе в СВЧ-диапазоне) и влагозащитные свойства. Композиция называется

«Лак марки ЭКТ» и производится в ОАО «НИИЭМ» по техническим условиям БУО.028.122 ТУ. Композиция характеризуется высокой степенью чистоты: содержание ионов Na^+ , K^+ и Cl^- не превышает $1 \times 10^{-4}\%$, что регламентировано в технической документации. Лак ЭКТ широко применяется для защиты плат и активных элементов СВЧ изделий электронной техники.

Недостатком силикоанового покрытия на основе лака ЭКТ является его невысокая твердость. По шкале маятникового прибора типа М-3 по ГОСТ 5233-67 твердость лаковой пленки составляет 0,30–0,35, что недостаточно для защитных покрытий, длительно работающих в жестких режимах эксплуатации. Для надежной защиты ИЭТ требуется покрытие с твердостью не менее 0,5 по шкале маятникового прибора при сохранении эластичности лаковой пленки при изгибе не более 1 мм согласно ГОСТ 6806-73.

Результаты исследования и их обсуждение

С целью повышения твердости покрытия были проведены следующие работы:

- модификация композиций на основе блок-сополимера «Лестосил СМ» жесткими кремнийорганическими, эпоксидными и эпоксикремнийорганическими смолами;
- введение в композицию полиборсилоксана, представляющего собой жесткий стеклообразный материал;
- введение в композицию полидиметилборцирконсилоксана (БЦС), термостабилизированного при температуре выше 250°C .

В качестве отверждающей системы использовали раствор БЦС в триэтоксисилане и метакрилатметилтриэтоксисилан, которые позволяют проводить отверждение покрытий при температуре не выше 70°C .

С целью повышения стабильности диэлектрических параметров покрытия, в частности, при воздействии температуры $+250^\circ\text{C}$, в композиции вводили ряд стабилизирующих добавок: 8-оксихинолин, бензимидазол, 1,2,3-бензотриазол и анилин, которые также обеспечивали и дополнительную сшивку основы.

Композиции получали при смешивании основы – 20% раствора блок-сополимера «Лестосил СМ» в толуоле – с отверждающей системой и модифицирующими добавками. Отверждение композиций проводилось по следующему режиму: после нанесения в специальные фторопластовые формы или на подложку образцы выдерживали на воздухе при комнатной температуре до полного испарения растворителя, затем проводили термообработку при температуре $+70^\circ\text{C}$ в течение 4 часов.

Электроизоляционные свойства покрытий определяли: удельное объемное электрическое сопротивление ρ_v по ГОСТ 6433.2-71, тангенс угла диэлектрических

потерь $\text{tg } \delta$ и диэлектрическую проницаемость ϵ по ГОСТ 22372-77 на частоте 10^6 Гц .

Модификацию смолами проводили путем смешения растворов «Лестосила» и смолы. Было показано, что блок-сополимер не совмещается с олигометилсилесквиоксановыми смолами, покрытия из которых имеют высокую твердость. В процессе хранения составов наблюдается их расслоение. Введение в композицию эпоксикремнийорганической смолы СК-25 (20%-ный раствор в толуоле) в количестве 5–15 мас. ч. на 100 мас. ч. 20%-ного раствора «Лестосила» не ведёт к увеличению твердости покрытия при отверждении БЦС, однако при этом тангенс угла диэлектрических потерь возрастает почти на порядок до $1 \cdot 10^{-2}$. Полиметилфенилсилоксановая смола К-9 хорошо совмещается с «Лестосилом», композиция стабильна в течение длительного времени. При отверждении таких составов раствором БЦС в триэтоксисилане были получены прочные эластичные пленки с низким водопоглощением и хорошей адгезией. Однако твердость покрытий при введении 10–20 мас. ч. 20%-ного раствора смолы К-9 в толуоле не превышает значения 0,38.

Как показано в работе [10], введение в композицию на основе блок-сополимера «Лестосил СМ» эпоксикремнийорганической смолы СЭДМ-2 приводит к увеличению прочности и твердости покрытия до 0,42–0,45, однако при этом снижается эластичность пленки и электроизоляционные свойства.

Для увеличения твердости покрытий в композицию вводили полиборсилоксан (БС), синтезируемый из дифенилсиландиола и борной кислоты, представляющий собой стеклообразную твердую массу. Твердость покрытий на основе композиций № 1 и № 2, состав которых приводится в таблице, составляет 0,49–0,58, что соответствует необходимым требованиям к материалу. Однако электроизоляционные свойства покрытий немного ниже по сравнению с лаком ЭКТ (в частности, значение ρ_v при температуре 250°C).

На следующем этапе работы по повышению твердости покрытия было проведение процесса термостабилизации полидиметилборцирконсилоксана БЦС в течение 4 часов при температуре $250\text{--}280^\circ\text{C}$. Синтезированный в реакторе при температуре равной 200°C БЦС представляет собой вязкотекучую густую массу каучукоподобной консистенции. После термообработки полимер становится твердым (почти хрупким), теряет текучее состояние, но хорошо растворяется в алкоксисиланах.

Свойства покрытий, полученных на основе блок-сополимера «Лестосил СМ», отвержденных полиборсилоксаном (БС) и термостабилизированным БЦС (Т)

№ ком.	Компоненты отверждающей системы и их количество, мас. ч., на 100 мас. ч. основы	Диэлектрические характеристики						Корр. актив. к АІ	Тверд. по маятник. приб.	Эласт., мм
		При нормальных климатич. условиях			При температуре 250°С					
		ρ_v , Ом·см	tg δ	ϵ	ρ_v , Ом·см	tg δ	ϵ			
	Лак ЭКТ, БУО.028.122 ТУ	$5 \cdot 10^{15}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	3,4	$1 \cdot 10^{12}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	2,2	0	0,30–0,35	1
1	10% раствор БС в триэтоксисилане – 4 Метакрилатметилтриэтоксисилан – 0,5	$5 \cdot 10^{15}$	$2 \cdot 10^{-3}$	3,2	$1 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	2,4	0	0,49	1
2	20% раствор БС в триэтоксисилане – 6 Метакрилатметилтриэтоксисилан – 0,5	$5 \cdot 10^{14}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	3,4	$3 \cdot 10^{10}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	2,2	0	0,58	1
3	10% раствор БЦС (Т) в триэтоксисилане – 4 10% раствор олигоорганосилазана МВЭТ в толуоле – 4	$1 \cdot 10^{16}$	$8 \cdot 10^{-4}$	3,2	$2 \cdot 10^{11}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	2,2	1	0,43	1
4	10% раствор БЦС (Т) в триэтоксисилане – 4 10% раствор олигоорганосилазана МВЭТ в толуоле – 8	$1 \cdot 10^{16}$	$9 \cdot 10^{-4}$	3,1	$4 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{-3}$	2,2	1	0,44	1
5	10% раствор БЦС (Т) в триэтоксисилане – 4 Метакрилатметилтриэтоксисилан – 0,5	$4 \cdot 10^{15}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	3,8	$1 \cdot 10^{11}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	2,4	0	0,46	1
6	20% раствор БЦС (Т) в триэтоксисилане – 4 Метакрилатметилтриэтоксисилан – 0,5	$6 \cdot 10^{15}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	2,9	$7 \cdot 10^{11}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	2,2	0	0,50	1
7	20% раствор БЦС (Т) в триэтоксисилане – 6 Метакрилатметилтриэтоксисилан – 0,5 8-оксихинолин – 0,1	$> 1 \cdot 10^{15}$	$5 \cdot 10^{-3}$	3,3	$6 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{-3}$	2,4	0	0,56	1
8	20% раствор БЦС (Т) в триэтоксисилане – 6 Метакрилатметилтриэтоксисилан – 0,5 1,2,3-бензтриазол – 0,1	$> 1 \cdot 10^{15}$	$4 \cdot 10^{-3}$	3,0	$4 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{-3}$	3,0	0	0,52	1
9	20% раствор БЦС (Т) в триэтоксисилане – 6 Метакрилатметилтриэтоксисилан – 0,5 Бензимидазол – 0,1	$> 1 \cdot 10^{15}$	$2 \cdot 10^{-3}$	3,4	$4 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{-3}$	3,0	0	0,55	1
10	20% раствор БЦС (Т) в триэтоксисилане – 6 Метакрилатметилтриэтоксисилан – 0,5 Анилин – 0,1	$> 1 \cdot 10^{15}$	$1 \cdot 10^{-3}$	2,9	$8 \cdot 10^{10}$	$6 \cdot 10^{-3}$	2,4	0	0,59	1

Введение в композицию на основе блок-сополимера «Лестосил СМ» термостабилизированного БЦС приводит к повышению твердости покрытий (композиции № 3–10, таблица). Свойства композиций с различными стабилизирующими добавками приведены в таблице. Как видно из приведенных данных, твердость композиций в значительной степени зависит от количества введенного борцирконсилоксана. Так, 10% раствор БЦС (4 мас. ч на 100 мас. ч. основы) повышает твердость покрытий до 0,43–0,46. Введение же 20% раствора приводит к увеличению твердости до 0,50 и выше, что соответствует требованиям технического задания. При этом жизнеспособность составов сохраняется.

Анализ свойств композиций, отвержденных термостабилизированным БЦС, на основании данных таблицы показывает, что оптимальными свойствами (высокими диэлектрическими параметрами, отсутствием коррозионного действия, достаточной твердостью и эластичностью покрытий) обладают составы № 6, 7 и 10. Электрическая прочность в зависимости от толщины покрытий составляет 40–55 кВ/мм. Влагозащитные и адгезионные свойства композиций соответствуют требованиям, которые предъявляют к защитным материалам, применяемым в микроэлектронике и электронной технике.

Заключение

При выполнении работы был проведен анализ литературных данных по требованиям, предъявляемым к электроизоляционным материалам, применяемым для защиты активных и пассивных элементов изделий электронной техники. Показано, что материалы на основе кремнийорганических полимеров широко используются для защиты полупроводниковых приборов и интегральных схем, как в отечественном электронном приборостроении, так и за рубежом. Это обусловлено их высокими электроизоляционными и влагозащитными свойствами, сохраняющимися в жестких условиях эксплуатации изделий, устойчивостью к действию низких и высоких температур в диапазоне от –60 до +300 °С, радиационной стойкостью. В работе исследована возможность повышения твердости покрытий на основе

силоксанового блок-сополимера «Лестосил СМ» и полидиметилборцирконсилоксана, термостабилизированного при температуре выше 250–280 °С. Изучено влияние стабилизирующих добавок на основе азотсодержащих органических соединений на диэлектрические свойства композиций. Полученные композиции можно рекомендовать для защиты р-п-переходов транзисторов, резисторов, микросхемных элементов, ГИС СВЧ и иных изделий электронной техники.

Работа выполнена в рамках программы «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («УМНИК» 2015) в Кабардино-Балкарской Республике.

Список литературы

1. Агаларзаде П.С., Петрик А.И., Изидинов С.О. Основы конструирования и технологии обработки поверхности р-п-переходов. – М.: Советское радио, 1978. – 224 с.
2. Попова Г.Е. Кремнийорганические защитные материалы в изделиях микроэлектроники и в технологии печатных плат. Обзоры по электронной технике. Серия 6. Материалы. – 1988. – Вып. 8 (1414). – 43 с.
3. Долгопосок С.Б. и др. Новые силоксановые блок-сополимеры для термоморозостойких эластичных материалов // Промышленность синтетического каучука. – 1981. – № 1. – С. 14–15.
4. Неёлова О.В., Газзаева Р.А. Химический анализ кремнийорганических полимеров и материалов на их основе, применяемых в микро- и наноэлектронике // Бутлеровские сообщения. – 2015. – Т. 42, № 5. – С. 112–118.
5. Неёлова О.В., Газзаева Р.А. Отверждающая система для полиорганосилоксановых композиций // Клеи. Герметики. Технологии. – 2016. – № 9. – С. 2–8.
6. Неёлова О.В. Высококачественные кремнийорганические заливочные компаунды, предназначенные для применения в микроэлектронике // Изв. вузов. Сер. «Химия и хим. технология». – 2007. – Т. 50. Вып. 11. – С. 78–81.
7. Неёлова О.В., Газзаева Р.А. Полиорганосилоксановая композиция для склеивания стекла с металлом // Клеи. Герметики. Технологии. – 2015. – № 5. – С. 2–7.
8. Неёлова О.В., Мамиева З.У., Плиева А.Х. Однокомпонентные кремнийорганические компаунды со специальными свойствами, предназначенные для применения в микроэлектронике // Химия и химическое образование. XXI век. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. – Владикавказ: Изд-во СОГУ, 2014. – С. 230–234.
9. Неёлова О.В. Кремнийорганическая композиция для защиты изделий электронной техники с повышенными адгезионными свойствами и термо- и морозостойкостью покрытий // Изв. вузов. Сер. «Химия и хим. технология». – 2014. – Т. 57. № 9. – С. 86–92.
10. Неёлова О.В., Газзаева Р.А., Коблова Л.Б. Защитные покрытия на основе кремнийорганических лестничных блок-сополимеров, применяемых в микроэлектронике // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 2–1. – С. 76–80.

УДК 004.056

ИГРОВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ СЕТЕВЫХ РЕСУРСОВ

¹Надеждин Е.Н., ²Сурков Е.В., ²Шершакова Т.Л.

¹Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций, Москва, e-mail: e.nadezhdin@informika.ru;

²Шуйский филиал Ивановского государственного университета, Шуя, e-mail: vokrys@mail.ru, tshershakova@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованию влияния характеристик механизма защиты информации на защищенность сетевых ресурсов от информационных атак злоумышленника. Базовыми компонентами перспективной системы безопасности корпоративной информационной сети являются интеллектуальные механизмы активной и пассивной защиты сетевых ресурсов. Согласованное использование этих механизмов с учётом характеристик существующих угроз и особенностей защищаемых объектов позволит существенно уменьшить риски информационной безопасности. Классическая задача анализа защищенности сетевых ресурсов сформулирована с позиций метода игрового моделирования информационных конфликтов и интерпретирована в терминах статистической динамики систем управления. Объектом исследования является формальная динамическая система «система защиты ресурсов – злоумышленник». Для конкретных ситуаций информационного противоборства методом моделирования построена фазовая траектория динамической системы и рассчитаны терминальные значения частных показателей относительного ущерба. По результатам вычислительного эксперимента оценено влияние механизма активной защиты на защищенность сетевых ресурсов и сформулированы рекомендации, направленные на ослабление влияния информационных атак злоумышленника.

Ключевые слова: корпоративная информационная сеть, информационная атака, сетевые ресурсы, игровая модель, динамическая система «система защиты ресурсов – злоумышленник», активная и пассивная защита, совокупный относительный ущерб

GAME MODEL FOR ANALYSIS CHARACTERISTICS OF SYSTEM ACTIVE PROTECTION OF NETWORK RESOURCES

¹Nadezhdin E.N., ²Surkov E.V., ²Shershakova T.L.

¹State Institute of Information Technologies and Telecommunications, Moscow, e-mail: e.nadezhdin@informika.ru;

²Shuya branch of Ivanovo State University, Shuya, e-mail: vokrys@mail.ru, tshershakova@mail.ru

This article is devoted to the investigation of the influence of the characteristics of the information protection mechanism on the security of network resources against information attacks of an attacker. The basic components of promising security of corporate information networks are the intellectual mechanisms of active and passive protection of network resources. Consistent use of these mechanisms based on the characteristics of existing threats and the characteristics of protected objects, will significantly reduce the risks of information security. A classical problem of security analysis of network resources is formulated from the point of view of the method of gaming simulation of the conflict and interpreted from the perspective of statistical dynamics of control systems. The object of study is a formal dynamic system «system resource protection – intruder». For specific situations information warfare through simulation constructed the phase trajectory of the dynamic system and calculated the terminal values of the partial indicators of the relative damage. According to the results of computational experiment evaluated the influence of the mechanism of active protection on the security of network resources and formulate recommendations aimed at easing the impact of information attacks the attacker.

Keywords: corporate information network, information attack, network resources, game model, dynamic system «System resource protection – attacker», active and passive protection, the cumulative relative damage

В условиях непрерывного расширения сетевой инфраструктуры корпоративных систем и повышения роли информации в современном постиндустриальном обществе назрела необходимость критического анализа и пересмотра ключевых позиций существующей парадигмы обеспечения информационной безопасности (ИБ) государственных и коммерческих организаций. В современных системах защиты информации (СЗИ) корпоративных информационных сетей (КИС) для гарантированного отражения массивированных информацион-

ных атак на важные сетевые ресурсы всё чаще используются гибкие механизмы с элементами активной и пассивной информационной защиты [1]. В последние годы значительно вырос поток публикаций, посвящённых вопросам синтеза интеллектуальных механизмов интегрированной защиты информационного и программного обеспечения, которые рассматриваются в контексте общей проблемы ситуационного управления рисками ИБ на основе базовых принципов кибернетики и искусственного интеллекта [2]. Однако вопросам

обоснования и выбора механизмов комплексирования методов и средств защиты ресурсов КИС, основанных на различных физических принципах, пока не уделяется должного внимания.

Целью статьи является операционное моделирование процесса функционирования системы интегрированной защиты информационных и программных ресурсов КИС и обоснование целесообразности введения в её состав активных элементов для осуществления адресных информационных контратак по объектам автоматизации, являющимся источниками информационных угроз.

Для формального описания процесса информационного противоборства воспользуемся известным игровым подходом, в основе которого лежат аксиоматика и инструментарий метода динамики средних (МДС) [3, 4]. Опираясь на базовую вычислительную схему МДС, сформулируем на содержательном уровне задачу операционного моделирования противоборства двух информационных систем. Пусть требуется построить игровую модель процесса информационного противоборства комплексной СЗИ КИС и злоумышленника и на её основе дать количественную оценку эффективности используемых средств активной и пассивной защиты сетевых ресурсов.

Под злоумышленником (ЗЛ) в настоящей статье понимается группа профессионально подготовленных, технически оснащённых и мотивированных сотрудников фирмы-конкурента, стремящихся взломать систему защиты активов организации-жертвы, получить доступ к её конфиденциальной информации и нарушить управление бизнес-процессом.

Следуя рекомендациям опубликованных работ В.М. Гаврилова [3], Г.А. Остапенко [5], С.И. Макаренко [6], А.Ф. Белого [7] и основываясь на накопленном опыте операционного моделирования информационных процессов [8, 9], введём ряд дисциплинирующих условий. Во-первых, отметим, что перспективная СЗИ должна не только обнаруживать факты нарушения целостности информации, определять степень ущерба и оперативно восстанавливать повреждённые информационные и программные ресурсы, но также целенаправленно выявлять и оценивать новые угрозы и адресно применять активные способы защиты в виде информационных контратак. Во-вторых, примем рабочую гипотезу о том, что информационная атака злоумышленника является многоцелевой и осуществляется из двух внешних узлов информационной сети. В-третьих, взаи-

модействие конфликтующих сторон A и B осуществляется по заранее определённой сценарию, задаваемому операционной схемой, при этом информационные атаки и контратаки проводятся по фиксированным объектам (целям) с постоянными интенсивностями.

Принципиальной особенностью используемого в статье модельного подхода является формальное представление объекта исследования как динамической системы «Система защиты ресурсов – злоумышленник» («СЗР-ЗЛ»), изолированной от внешней среды и функционирующей на заданном интервале времени $[t_0, t_N]$. Вектор фазовых координат динамической системы (ДС) $\forall t \in [t_0, t_N]$ имеет вид: $Z = (z_1, z_2, \dots, z_k, \dots, z_n)^T$, где z_k – численность состояния элемента (средства) k -го типа. Пошаговая (во времени) численная оценка вектора состояния $Z(t) \forall t \in (t_0, t_N]$ на основе формального описания и имитационного моделирования процесса функционирования позволяет получить исчерпывающую информацию о подпроцессах, протекающих в подсистемах (элементах) этой ДС. При исследовании воспользуемся авторской методикой операционного моделирования процесса информационного противоборства, получившей развитие в авторских работах [8, 9]. Известная методика даёт возможность для заданных условий и сценария информационного конфликта оценить частные показатели, отражающие снижение потенциала средств каждого типа и *совокупный риск* (в нашем случае – *ущерб*) каждой стороны (подсистемы).

Текущее состояние средств, выделенных в составе формальной ДС, предлагается оценивать с помощью частного показателя потерь ΔZ_i , под которым понимают величину относительного ущерба, нанесённого средству z_i в результате целенаправленного информационного воздействия со стороны других средств ДС. Фактические потери – это результат воздействия информационных атак, организованных средствами противодействующей стороны (конфликтующей подсистемы). Показатель относительного ущерба ΔZ_i , $i = \overline{1, n}$, определяется по формуле

$$\Delta Z_i(t^*) = \frac{z_i(t_0) - z_i(t^*)}{z_i(t_0)} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где t^* – момент выхода из цикла операционного моделирования;

$\Delta Z_i(t^*)$ – относительный ущерб для средства z_i на момент времени t^* ;

$z_i(t_0)$ – исходный потенциал средства z_i в момент времени t_0 .

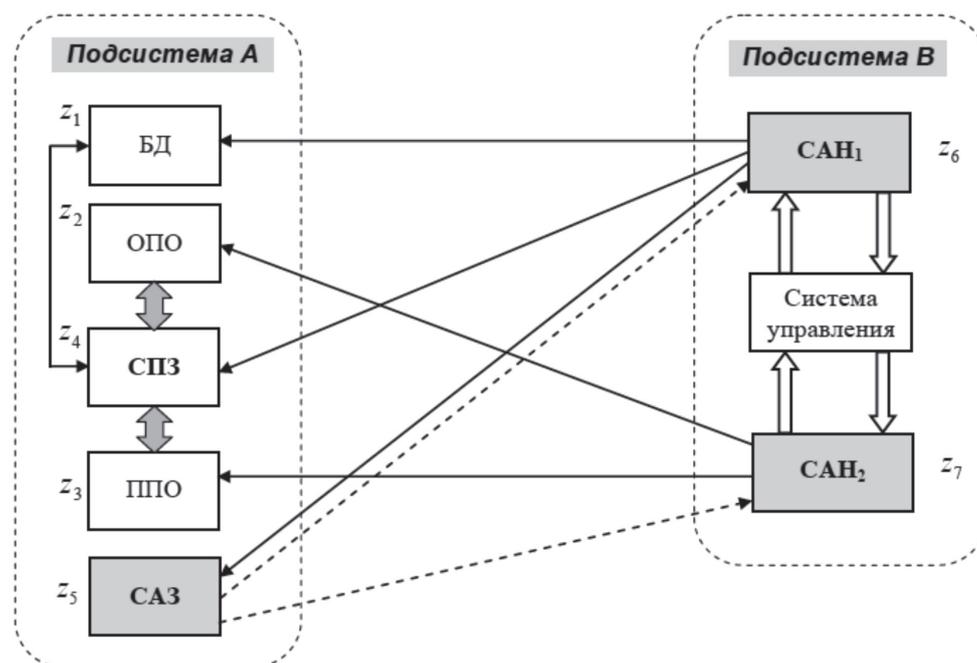


Рис. 1. Операционная схема процесса информационного противоборства средств в динамической системе «Система защиты ресурсов – злоумышленник»

Совокупный риск (ущерб) противоборствующих сторон (подсистем) A и B может быть определён в произвольный момент времени $t \in (t_0, t_N]$ на основе следующих соотношений:

$$W_A = \sum_{i \in I_A} \alpha_i \cdot \Delta Z_i; W_B = \sum_{i \in I_B} \beta_i \cdot \Delta Z_i, \quad (2)$$

где α_i и β_i – весовые коэффициенты; ΔZ_i – показатель относительного ущерба для средства i -го типа на момент времени t ; I_A и I_B – множества, содержащие индексы фазовых переменных, относящихся соответственно к сторонам A и B .

Рассмотрим особенности построения модели задачи исследования. К сетевым ресурсам КИС будем относить информационное обеспечение (ИО), общее и прикладное программное обеспечение. Учитывая сложность архитектуры перспективной комплексной СЗИ, в составе её модели выделим два обобщённых компонента: средства пассивной защиты (СПЗ) и средства активной защиты (САЗ).

На рис. 1 представлена укрупнённая операционная схема многоканального информационного взаимодействия подсистем исследуемой динамической системы «СЗР-ЗЛ». При этом введены следующие обозначения: подсистема A – СЗР; подсистема B – злоумышленник, стремящийся преодолеть защиту и получить доступ к сетевым ресур-

сам подсистемы A . В структуре СЗР (подсистема A) выделены следующие элементы: база данных (БД), общее программное обеспечение (ОПО), прикладное программное обеспечение (ППО), средства пассивной защиты /средства восстановления/ и средства активной защиты. Будем полагать, что СПЗ используются для обнаружения, локализации и восстановления повреждённых информационных элементов и программных модулей [9]. В модели злоумышленника (подсистема B) выделены: средства активного нападения первого и второго типов (САН₁ и САН₂) и система управления ими.

Для отображения динамики восстановления повреждённых информационных элементов БД и программных модулей ОПО и ППО воспользуемся рекомендациями теории автоматического управления. Динамическую модель процесса восстановления средства z_i представим в виде инерционного звена первого порядка, которое опишем на основе линейного дифференциального уравнения [10, с. 39–42]:

$$\dot{y}_i(t) = -\frac{1}{T_i} \cdot y_i(t) + \frac{k_i}{T_i} \cdot z_i(t),$$

где y_i – приращение численности состояния z_i за счёт реализации процедуры восстановления повреждённых компонентов; k_i и T_i – соответственно коэффициент передачи и постоянная времени инерционного

звена. Указанной моделью воспользуемся для описания восстановления численностей состояний z_1 , z_2 и z_3 . При этом коэффициенты передачи k_i ($i=1,2,3$) характеризуют интенсивности восстановления численностей состояний z_1 , z_2 и z_3 , а постоянные времени T_i ($i=1,2,3$) определяют длительности переходных процессов.

Для формализованного представления состояний ДС «СЗИ-ЗЛ» введём переменные z_i , $i=1, \dots, 7$, под которыми будем понимать численности состояний соответственно следующих элементов: базы данных z_1 ,

общего программного обеспечения z_2 , прикладного программного обеспечения z_3 , средств пассивной z_4 и активной защиты z_5 подсистемы A , а также средств активного нападения первого типа z_6 и средств активного нападения второго типа z_7 подсистемы B . Состояние динамической системы «СЗР-ЗЛ» в целом в каждый момент времени $t \in (t_0, t_N]$ характеризуется системой обыкновенных дифференциальных уравнений, в которой в качестве переменных рассматриваются численности состояний z_i , $i=1, \dots, 10$:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dz_1(t)}{dt} = \dot{z}_1(t) = -b_1 \cdot p_{1,6} \lambda_6 \cdot z_6(t) + h(z_1, Z_1^*) \cdot z_8(t); \\ \frac{dz_2(t)}{dt} = \dot{z}_2(t) = -c_1 \cdot p_{2,7} \cdot \lambda_7 \cdot z_7(t) + h(z_2, Z_2^*) \cdot z_9(t); \\ \frac{dz_3(t)}{dt} = \dot{z}_3(t) = -c_2 \cdot p_{3,7} \cdot \lambda_7 \cdot z_7(t) + h(z_3, Z_3^*) \cdot z_{10}(t); \\ \frac{dz_4(t)}{dt} = \dot{z}_4(t) = -b_2 \cdot p_{4,6} \cdot \lambda_6 \cdot z_6(t); \\ \frac{dz_5(t)}{dt} = \dot{z}_5(t) = -b_3 \cdot p_{5,6} \cdot \lambda_6 \cdot z_6(t); \\ \frac{dz_6(t)}{dt} = \dot{z}_6(t) = -a_1 \cdot p_{6,5} \cdot \lambda_5 \cdot z_5(t); \\ \frac{dz_7(t)}{dt} = \dot{z}_7(t) = -a_2 \cdot p_{7,5} \cdot \lambda_5 \cdot z_5(t); \\ \frac{dz_8(t)}{dt} = \dot{z}_8(t) = -1/T_1 \cdot z_8(t) + k_1/T_1 \cdot z_4(t); \\ \frac{dz_9(t)}{dt} = \dot{z}_9(t) = -1/T_2 \cdot z_9(t) + k_2/T_2 \cdot z_4(t); \\ \frac{dz_{10}(t)}{dt} = \dot{z}_{10}(t) = -1/T_3 \cdot z_{10}(t) + k_3/T_3 \cdot z_4(t). \end{array} \right. \quad (3)$$

Здесь $h(z_1, Z_1^*)$ – процедура проверки условия активации механизма пассивной защиты, связанного с введением резерва или восстановлением (пополнением) численности состояний z_1 . Аналогично $h(z_2, Z_2^*)$ и $h(z_3, Z_3^*)$ – процедуры проверки условий активации механизма пассивной защиты, связанного с введением резерва или восстановлением (пополнением) численности состояний z_2 и z_3 ; Z_1^* , Z_2^* , Z_3^* – значения порогов включения соответствующих механизмов пассивной защиты.

Условие активации пассивной защиты для численности состояния z_r запишем с помощью логической функции:

$$h(z_r, Z_r^*) = \begin{cases} 1, & \text{если } z_r(t) \leq Z_r^*; \\ 0, & \text{если } z_r(t) > Z_r^*. \end{cases} \quad (4)$$

Введём вспомогательные переменные A_k , $k=1, \dots, 13$ для обозначения коэффициентов дифференциальных уравнений, определяемые на основе расчётных соотношений, приведённых в табл. 1.

Здесь λ_5 , λ_6 и λ_7 – интенсивности атак (контратак), выполняемых средствами z_5 , z_6 и z_7 соответственно; p_{ij} – вероятность поражения единицы средства z_i в результате атаки со стороны средства z_j ; b_1 , b_2 и b_3 – доли средств z_3 подсистемы B , участвующих в подавлении средств z_1 , z_4 и z_5 подсистемы A соответственно; c_1 и c_2 – доли средств z_7 подсистемы B , участвующих в подавлении соответственно средств z_2 и z_3 подсистемы A ; a_1 и a_2 – доли средств z_5 подсистемы A , участвующих в подавлении соответственно средств z_6 и z_7 подсистемы B ; при этом

должны выполняться дисциплинирующие условия

$$a_1 + a_2 \leq 1; b_1 + b_2 + b_3 \leq 1; c_1 + c_2 \leq 1.$$

Известно, что имеющиеся уязвимости модулей ППО способствуют повышению результативности информационных атак злоумышленника на информационные ресурсы и ОПО. Для учёта данного эффекта в математическую модель (3) введём весовую функцию:

$$V(N_0, \mu_k, z_3) = \exp[\mu_k \cdot (N_0 - z_3) / N_0], \quad (5)$$

где N_0 и $z_3 = z_3(t)$ – исходный ресурс и текущее значение численности состояния средства z_3 соответственно; μ_k – коэффициент, учитывающий влияние уязвимости на защищённость модуля средства z_k .

В динамике противоборства при использовании элементов активной защиты сетевых ресурсов стороной А средства z_6

и z_7 стороны В теряют часть своего потенциала. Это, в свою очередь, снижает интенсивность информационных атак стороны В на средства стороны А. Для учёта данного эффекта в математическую модель (3) введём весовую функцию:

$$L(N_0, d_k, z_k) = \exp\left[-\rho_k \cdot \frac{(N_0 - z_k)}{N_0}\right], \quad (6)$$

где N_0 и $z_k = z_k(t)$ – исходный ресурс и текущее значение численности состояния атакующего средства z_k стороны В; ρ_k – коэффициент, учитывающий влияние снижения потенциала z_k на интенсивность λ_k исходящей от него атаки.

После преобразований системы дифференциальных уравнений (3) с учётом введённых обозначений (4), (5), (6) и коэффициентов (табл. 1) получим систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{z}_1(t) = A_1 \cdot V(N_3, \mu_1, z_3) \cdot L(N_6, d_1, z_6) \cdot z_6 + h(z_1, Z_1^*) \cdot z_8; \\ \dot{z}_2(t) = A_2 \cdot V(N_3, \mu_2, z_3) \cdot L(N_7, d_2, z_7) \cdot z_7 + h(z_2, Z_2^*) \cdot z_9; \\ \dot{z}_3(t) = A_3 \cdot L(N_7, d_3, z_7) \cdot z_7 + h(z_3, Z_3^*) \cdot z_{10}; \\ \dot{z}_4(t) = A_4 \cdot z_6; \\ \dot{z}_5(t) = A_5 \cdot z_6; \\ \dot{z}_6(t) = A_6 \cdot z_5; \\ \dot{z}_7(t) = A_7 \cdot z_5; \\ \dot{z}_8(t) = A_8 \cdot z_8 + A_9 \cdot z_4; \\ \dot{z}_9(t) = A_{10} \cdot z_9 + A_{11} \cdot z_4; \\ \dot{z}_{10}(t) = A_{12} \cdot z_{10} + A_{13} \cdot z_4. \end{array} \right. \quad (7)$$

Соотношения $b_1/b_2/b_3$ и c_1/c_2 определяют стратегию стороны В в организации информационных атак на средства стороны А. Соотношение a_1/a_2 определяет стратегию стороны А в осуществлении информационных контратак на средства z_6 и z_7 стороны В.

В целях удобства алгоритмизации введём *дополнительные условия*:

1. Резерв для пополнения (восстановления) элементов в состоянии z_1 используется при выполнении условия: $z_1(t) \leq 80\% \times z_1(t_0)$; резерв для пополнения элементов в состоянии z_2 используется при выполнении условия: $z_2(t) \leq 90\% \times z_2(t_0)$; резерв для пополнения элементов в состоянии z_3 используется при выполнении условия: $z_3(t) \leq 95\% \times z_3(t_0)$.

2. Каждое из средств $z_i, i = 1, 7$, имеет только два состояния: рабочее и нерабочее.

3. Начальные условия:

$$z_k(t_0) = 100 \quad \forall k = \overline{1, 7}; z_8(t_0) = z_9(t_0) = z_{10}(t_0) = 0.$$

4. Интенсивности атак принимаются следующими:

$$\lambda_5 = 0,06 \dots 0,30 \text{ мин}^{-1}; \lambda_6 = 0,12 \text{ мин}^{-1}; \lambda_7 = 0,06 \text{ мин}^{-1}.$$

5. С учётом анализа информационных угроз и имеющегося опыта исследования СЗИ приняты фиксированные стратегии игроков А и В:

$$a_1 = 0,25; a_2 = 0,75; c_1 = 0,6; c_2 = 0,4; b_1 = 0,25; b_2 = 0,25; b_3 = 0,5.$$

Значения вероятностей поражения одной единицы средств игроков А и В примем в соответствии с данными табл. 2.

Таблица 1

Расчётные соотношения для коэффициентов дифференциальных уравнений

A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7
$-\lambda_6 \cdot p_{16} \cdot b_1$	$-\lambda_7 \cdot p_{27} \cdot c_1$	$-\lambda_7 \cdot p_{37} \cdot c_2$	$-\lambda_6 \cdot p_{46} \cdot b_2$	$-\lambda_6 \cdot p_{56} \cdot b_3$	$-\lambda_5 \cdot p_{65} \cdot a_1$	$-\lambda_5 \cdot p_{75} \cdot a_2$
A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	
$-\frac{1}{T_1}$	$\frac{k_1}{T_1}$	$-\frac{1}{T_2}$	$\frac{k_2}{T_2}$	$-\frac{1}{T_3}$	$\frac{k_3}{T_3}$	

Таблица 2

Вероятности поражения элементов

Подсистема А					Подсистема В	
p_{16}	p_{27}	p_{37}	p_{46}	p_{56}	p_{65}	p_{75}
0,010	0,040	0,030	0,010	0,015	0,020	0,015

Таблица 3

Показатели относительного ущерба (%) для средств сторон в контрольной точке
 $t^* = T = 120$ (мин.), опыт 1: $\lambda_5 = 0,06$ (1/мин)

Средства стороны А					Средства стороны В	
$\Delta Z_1(t^*)$	$\Delta Z_2(t^*)$	$\Delta Z_3(t^*)$	$\Delta Z_4(t^*)$	$\Delta Z_5(t^*)$	$\Delta Z_6(t^*)$	$\Delta Z_7(t^*)$
3,30	13,93	6,81	3,54	10,61	3,41	7,67

6. Численное решение системы дифференциальных уравнений осуществляется стандартным методом Рунге – Кутты в цикле на полуинтервале времени $t \in (t_0, t_N]$: $t_0 = 0$ мин, $t_N = 120$ мин с шагом $\Delta t = 0,05$ мин.

7. Выход из цикла моделирования (решения) осуществлялся в одном из следующих случаев: [$z_1 \leq 60$; $z_2 \leq 60$; $z_3 \leq 60$; $z_4 \leq 30$; $z_5 \leq 30$; $z_6 \leq 45$; $z_7 \leq 45$].

В качестве выходных данных моделирования фиксируются: время решения задачи $t_{\text{реш}}$, тождественно равное времени t^* информационного взаимодействия $t_{\text{реш}} \equiv t^*$; фазовые траектории $z_i = f_i(t)$, $i = 1, 10$; $t \in (t_0, t^*]$; численные значения показателей $\Delta Z_i(t^*)$, $i = 1, 7$.

На рис. 2 и 3 представлены изменения численностей состояний сетевых ресурсов на указанном полуинтервале времени.

Используя данные об изменении численностей состояний динамической системы во времени $T \equiv t$ (мин), для заданного момента времени t^* можно вычислить относительный ущерб $\Delta Z_i(t^*)$ по формуле (1) по каждому средству z_i , $i = 1, 7$, сторон А и В. Результаты расчёта показателей относительного ущерба $\Delta Z_i(t^*)$ для фиксированных исходных данных приведены в табл. 3. Данные цифрового моделирования фазовой траектории ДС в виде таблиц или графиков

изменения во времени фазовых координат z_i , $i = 1, 7$ позволяют проследить динамику взаимодействия СЗИ со злоумышленником и косвенно оценить результативность используемых механизмов комплексной защиты ресурсов КИС.

Для рассмотренной задачи совокупный ущерб противоборствующих подсистем А и В, вычисленный по формулам (2) при учёте данных табл. 2 для случая равных весовых коэффициентов $\alpha_i = \text{const} = 1$ и $\beta_i = \text{const} = 1$, составил

$$W_A = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot \Delta Z_i = 38,18 \%$$

и

$$W_B = \sum_{i=4}^6 \beta_i \cdot \Delta Z_i = 11,07 \%$$

В ходе исследования проанализировано влияние интенсивности контратак стороны А на защищённость ресурсов КИС, на ресурс СЗР и на ресурс стороны (игрока) В. При этом интенсивность контратак изменялась в отрезке $\lambda_5 \in [0,03; 0,30]$ мин.⁻¹ с шагом 0,03. Результаты вычислительного эксперимента представлены на рис. 4.

Средний коэффициент эластичности $\bar{\Theta}$, определяемый по известной формуле [11] для линейной регрессионной модели ре-

грессии $f(x) = -1,649 \cdot x + 26,947$ составил величину

$$\bar{\Theta} = f'(x) \cdot \frac{\bar{x}}{y} = -0,015,$$

что свидетельствует о малой силе влияния интенсивности λ_3 информационных контрактов на снижение ресурса атакующей стороны B .

По результатам операционного моделирования можно оценить результативность используемых механизмов защиты сетевых ресурсов для различных стратегий действия и сценариев противоборства сторон A и B . В авторской работе [9] ранее было установ-

лено, что прямой способ повышения эффективности МЗР через снижение уязвимости средств z_1, z_2 и z_3 не является продуктивным. Из анализа результатов вычислительного эксперимента следует, что прямое увеличение интенсивности контрактов СЗИ также не даёт значительного приращения защищённости информационных и программных ресурсов. Кроме того, усиление мощности информационных контрактов, инициируемых подсистемой A , связано с большими затратами внутренних вычислительных ресурсов КИС и в ряде случаев может способствовать быстрому вскрытию злоумышленником (стороной B) характеристик СЗИ.

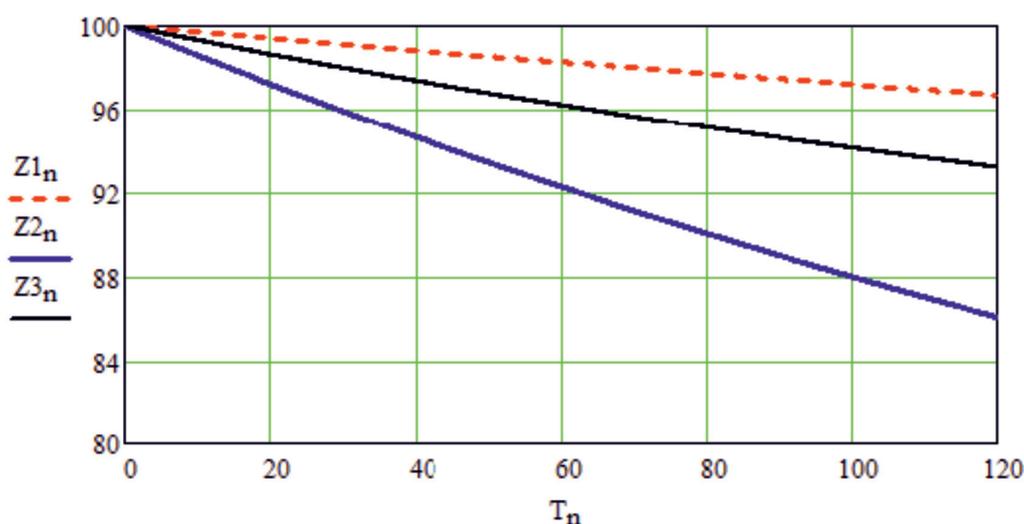


Рис. 2. Изменение численности состояний z_1, z_2, z_3 от времени информационного контакта T (мин) сторон A и B (без механизма восстановления)

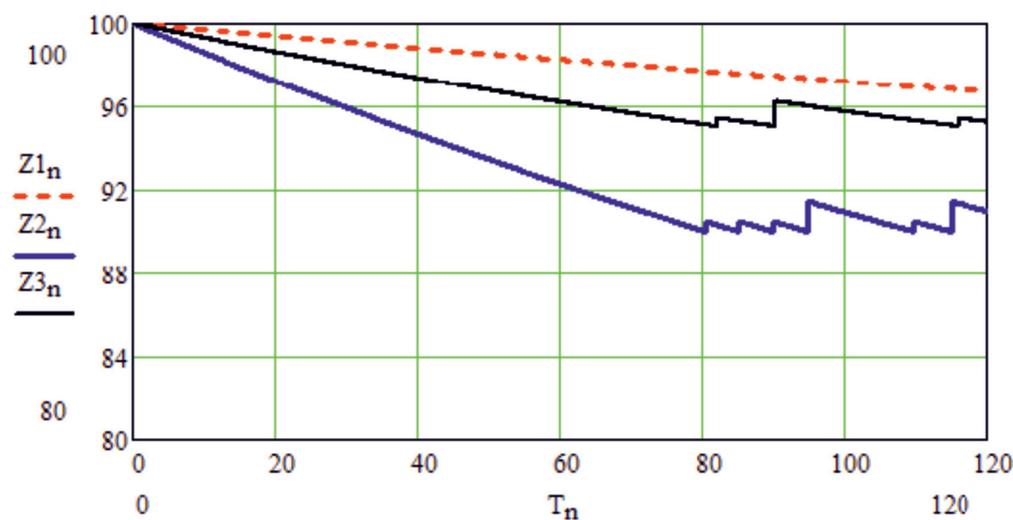


Рис. 3. Изменение численности состояний z_1, z_2, z_3 от времени информационного контакта T (мин) сторон A и B (с механизмом восстановления численностей z_2 и z_3)

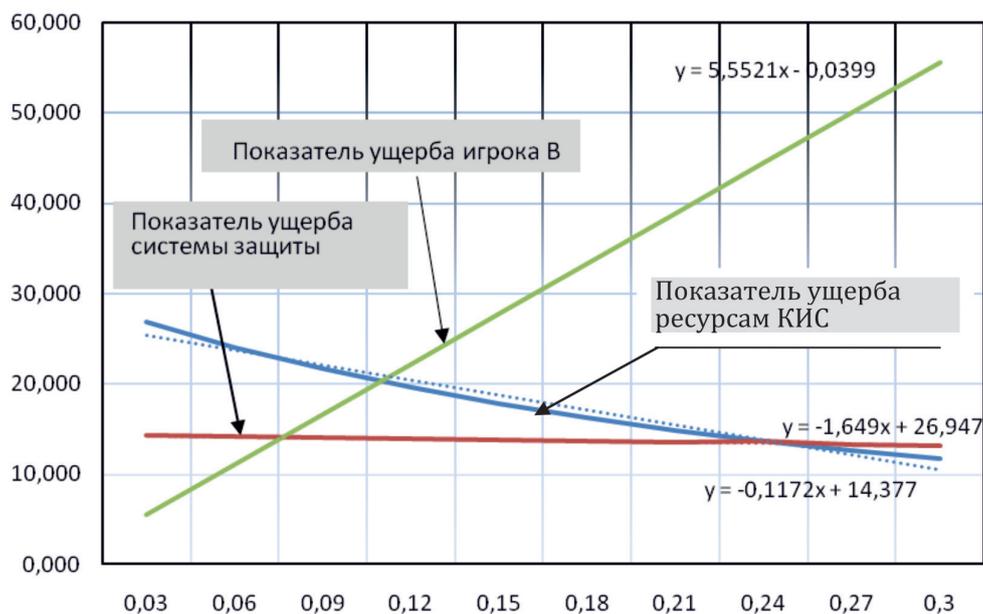


Рис. 4. Зависимости показателей относительного ущерба от интенсивности контратак λ_5 (1/мин) стороны А

Установлено, что при больших интенсивностях информационных контратак ($\lambda_5/(\lambda_6 + \lambda_7) \geq 1,0$) происходит относительно быстрое снижение потенциала подсистемы В и тем самым уменьшается степень информационного воздействия средств z_6 и z_7 на ресурсы КИС. Визуально данный нелинейный эффект можно проследить на графиках рис. 5, на котором показаны фазовые траектории численностей состояний средств $z_1(t)$, $z_2(t)$, $z_3(t)$.

Таким образом, в результате исследования установлено, что наиболее значительно приращению эффективности МЗР следует ожидать в случае комплексного (согласованного по целям, задачам и времени) применения нескольких способов пассивной и активной защиты сетевых ресурсов КИС. Закономерным итогом комплексирования способов и средств защиты будет существенное снижение уязвимости средств z_1 , z_2 и z_3 игрока А при одновременном уменьшении интенсивности информационных атак со стороны средств z_6 и z_7 . По данным моделирования, совместное использование СПЗ (для восстановления повреждённых массивов ИО и модулей ОПО и ППО) и САЗ способно снизить относительный ущерб для сетевых ресурсов на 11...24%.

Выводы

На современном этапе эволюции системы информационной безопасности в составе комплексной СЗИ доминируют

традиционные средства пассивной защиты информационного и программного обеспечения. Для достижения заданной политики безопасности уровня защищённости сетевых ресурсов в условиях вероятных сетевых атак предлагается дополнительно включить в состав СЗИ элементы активной защиты, способные реализовать информационные контратаки на выявленные источники потенциальных угроз в целях пресечения их деятельности. Для повышения эффективности САЗ могут быть применены следующие способы:

1) согласование характеристик и синхронизация работы средств пассивной и активной защиты под управлением интеллектуальной системы управления ИБ;

2) применение гибкой стратегии защиты, заключающейся в концентрации усилий на поражении наиболее опасных компонентов подсистемы В;

3) выявление фактов и идентификация характеристик системы захвата (злоумышленником) управления узлами КИС, через которые в последующем могут осуществляться систематические информационные атаки на сетевые ресурсы;

4) планирование и реализация стороной А упреждающих информационных контратак, преимущественно на начальном этапе информационного противоборства в целях максимального ослабления потенциала злоумышленника (стороны В) и принуждения его к отказу от преступных замыслов.

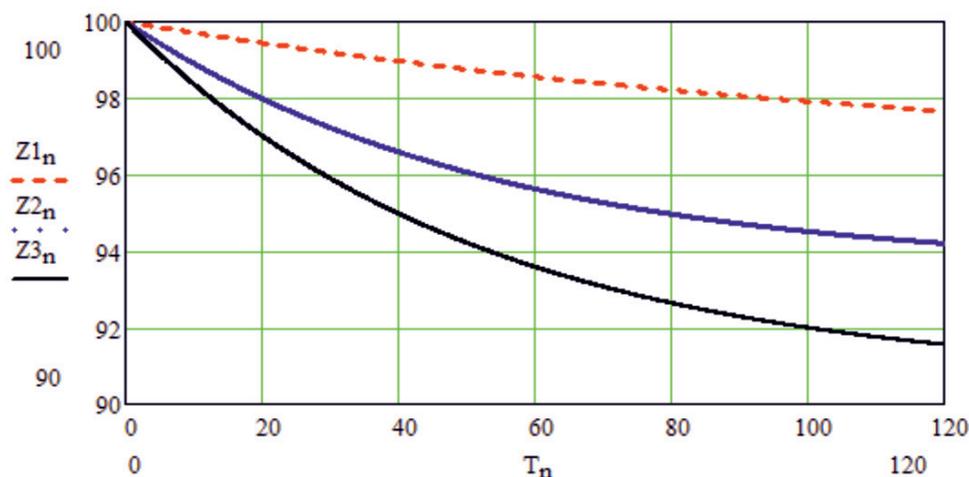


Рис. 5. Изменение численности состояний подсистемы A во времени с учетом эффекта ослабления атакующего потенциала подсистемы B (случай $\lambda_3 = 0,27$ 1/мин)

В качестве одного из перспективных направлений обеспечения гарантированной защищенности сетевых ресурсов КИС можно указать совместное применение рекомендаций и структурных решений теории обманных систем и алгоритмов интеллектуального управления МЗР [2].

Список литературы

1. Малюк А.А. Теория защиты информации / А.А. Малюк. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 184 с.
2. Надеждин Е.Н. Кибернетические аспекты управления рисками информационной безопасности в компьютерных сетях образовательных организаций / Е.Н. Надеждин, Е.В. Сурков // Современные наукоёмкие технологии. – 2016. – № 10–2. – С. 279–285.
3. Гаврилов В.М. Оптимальные процессы в конфликтных ситуациях / В.М. Гаврилов. – М.: Советское радио, 1969. – 160 с.
4. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле / Ю.В. Чуев. – М.: Воениздат Министерства обороны, 1970. – 256 с.
5. Остапенко Г.А. Формализация описания сетевого конфликта / Г.А. Остапенко, Д.Г. Плотников, Ю.Н. Гу-

зев // Информация и безопасность. – 2016. – Т. 19, № 2. – С. 232–237.

6. Макаренко С.И. Динамическая модель двунаправленного информационного конфликта с учетом возможностей сторон по наблюдению, захвату и блокировке ресурса / С.И. Макаренко // Системы управления, связи и безопасности. – 2017. – № 1. – С. 60–97. URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2017-01/06-Makarenko.pdf>.

7. Белый А.Ф. Метод анализа двусторонних процессов информационного противодействия в критически важной информационной системе на основе моделей динамики средних / А.Ф. Белый // Безопасность информационных технологий. – 2011. – № 3. – С. 5–9.

8. Надеждин Е.Н. Модели информационного противоборства в задачах оценки безопасности вычислительных сетей / Е.Н. Надеждин, Е.Е. Смирнова, А.О. Козлов // Информатизация образования и науки. – 2009. – № 2. – С. 45–50.

9. Надеждин Е.Н. Оценка эффективности механизмов защиты сетевых ресурсов на основе игровой модели информационного противоборства / Е.Н. Надеждин // Научный вестник. 2015. – № 2(4). – С. 49–58.

10. Усынин Ю.С. Теория автоматического управления: учебное пособие для вузов / Ю.С. Усынин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 176 с.

11. Эконометрика: учебник / под ред. В.С. Мхитаряна. – М.: Проспект, 2010. – 384 с.

УДК 519.87:[656.02+351.811.12]

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

Наумова Н.А., Карачанская Т.А., Хачатурян М.К.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар,
e-mail: Nataly_Naumova@mail.ru

Высокая мобильность населения в крупных городах, большое количество автовладельцев привели к критическому состоянию загруженности улично-дорожных сетей. Разработка математических моделей и компьютерных программ, которые моделируют ситуацию по реальным условиям с краткосрочной задержкой, является актуальной задачей. В статье обсуждаются методы решения некоторых задач управления транспортными потоками с помощью авторской математической модели распределения потоков по сети. Авторами разработан метод определения оптимальных параметров светофорного регулирования для пересечения многополосных дорог в одном уровне. С этой целью составлена и исследована задача математического программирования, разработан метод ее решения. Разработан алгоритм управления сетью перекрестков во время заторов с целью снижения их отрицательного воздействия. Задачи по управлению движением автотранспортных средств решаются без привлечения имитационного моделирования, что позволяет оперативно получать результат в динамическом режиме.

Ключевые слова: транспортный поток, математическая модель, светофорное регулирование, оптимизация

METHODS OF THE SOLUTION OF SOME PROBLEMS OF OPTIMUM DISTRIBUTION OF TRAFFIC FLOWS IN THE DYNAMIC MODE

Naumova N.A., Karachanskaya T.A., Khachaturyan M.K.

Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: Nataly_Naumova@mail.ru

High mobility of the population in cities and a large number of car owners have resulted load of street road networks in critical condition. Development of mathematical models and computer programs which model a situation on real conditions with a short-term delay is a relevant task. In article methods of the solution of some tasks of management of traffic flows by means of author's mathematical model of distribution of streams on network are discussed. Authors have developed a method of determination of optimum parameters of traffic signal controllers for crossing of multiband roads in one level. The problem of mathematical programming for this purpose was made and studied. The method of it's decision was developed. The control algorithm of network of intersections was developed during jams for the purpose of decrease in their negative impact. Problems of traffic control of vehicles were solved without attraction of imitating modeling. This fact allows to receive quickly result in the dynamic mode.

Keywords: traffic flow, mathematical model, traffic signal controllers, optimization

Высокая мобильность населения в крупных городах, большое количество автовладельцев привели к критическому состоянию загруженности улично-дорожных сетей. Расширение транспортной сети часто невозможно как в силу градостроительных особенностей, так и по причине недостатка материальных ресурсов. Поэтому актуальная задача – оптимальное распределение транспортных потоков по уже существующей транспортной сети.

Изучением этого вопроса занимаются как зарубежные, так и отечественные ученые с середины прошлого столетия. Разработаны различные математические модели и программные продукты, позволяющие решать отдельные транспортные задачи как локального, так и глобального характера. Развитие информационных технологий позволило значительно сократить время, необходимое для получения итогового результата. Однако развитие транспортной инфраструктуры ставит все новые задачи,

а достижения в IT-технологиях предоставляют все новые возможности. В последнее время к решению задач в данной области привлекаются интеллектуальные транспортные системы (ИТС). Развитие и внедрение ИТС позволяет получать данные о текущих транспортных условиях. Поэтому разработка математических моделей и соответствующих программ, которые бы строили стратегию управления не по заранее рассчитанным планам, а моделировали ситуацию по реальным условиям с краткосрочной задержкой, весьма актуальна.

Цель исследования: управление транспортными потоками в режиме реального времени с целью оптимизации транспортных задержек.

В силу того, что транспортный поток является стохастическим, а дорожные условия могут очень быстро меняться, проблема выбора оптимальной стратегии управления дорожным движением в реальном времени является очень сложной. Причиной транс-

портных заторов зачастую является неэффективная организация движения на перекрестках, в частности на перекрестках со светофорным регулированием. Поэтому моделированию движения на регулируемых перекрестках и определению оптимальных параметров светофорного регулирования посвящено множество исследований [1–3]. Цель исследования определяет выбор метода моделирования. Микроскопические модели позволяют учитывать большое количество факторов, влияющих на итоговый результат, но не применимы в режиме онлайн. С помощью макроскопических моделей результат может быть получен быстро, но с недостаточной точностью.

Существуют различные программы, моделирующие движение транспортных средств как на отдельных локальных участках, так и на всей дорожной сети в целом. Например, TRANSYT, SCOOT [4] и SCATS [5] позволяют разрабатывать стратегии управления в режиме онлайн, однако по заранее вычисленным планам. В более поздних исследованиях для моделирования транспортной ситуации было предложено использовать метод нейронных сетей. Однако калибровка таких моделей может занимать много времени и задействует большой объем данных.

ACO (Ant Colony) – алгоритм, применяемый в последнее время к решению оптимизационных задач в области транспортных потоков, по мнению исследователей [6], достаточно быстрый и эффективный и может применяться для решения задач управления потоками в режиме реального времени. Данный алгоритм реализован, например, в программе ACOTRANS для решения проблемы координации светофорной сигнализации.

Для координации светофорной сигнализации с целью снижения вероятности блокировки отдельных перекрестков также существуют различные программы: Synchro, PASSER, aaSIDRA, SCOOT, SCATS, TRANSYT. Однако вопрос об одновременном выполнении сразу двух условий – точность и скорость в расчетах – по прежнему остается открытым.

Мезоскопическая модель TIMeR_Mod, разработанная авторами, рассматривает в деталях каждый узел транспортной сети. В данной модели они классифицируются на узлы со светофорным регулированием, без светофорного регулирования, кольцевые пересечения. Для расчетов показателей эффективности в узловых точках требуется информация обо всех входящих конфликтующих потоках. Но объем такой информации сведен к минимуму. Авторами ранее доказано, что интервалы по времени между

автомобилями в потоке распределены по обобщенному закону Эрланга, определены методы мониторинга и обработки такой информации. Дальнейшие расчеты ведутся аналитическими методами, что позволяет мгновенно выдавать результат. Поэтому авторская модель TIMeR_Mod [7] применима для определения параметров эффективности организации движения в динамическом режиме.

В модели TIMeR_Mod улично-дорожная сеть (УДС) представлена связанными матрицами $A_{STREETS}$ и $B_{INTERSECTION}$. Строка матрицы $A_{STREETS}$ содержит информацию об узловой точке, образованной пересечением улиц S_1 и S_2 , и о перегоне между узловыми точками $S_1 \cap S_2$ и $S_3 \cap S_4$. Строка матрицы $B_{INTERSECTION}$ содержит информацию о входящих и исходящих транспортных потоках для точки $S_1 \cap S_2$. Методы обновления информации в вышеуказанных матрицах по данным мониторинга улично-дорожной сети приведены в работе [8].

Определение оптимальной длительности цикла и фаз регулирования в динамическом режиме

По исходным данным, содержащимся в матрицах $A_{STREETS}$ и $B_{INTERSECTION}$ модели TIMeR_Mod возможно в режиме реального времени с краткосрочной задержкой реагирования определять оптимальные параметры светофорного регулирования на пересечении многополосных дорог. Ниже приведем метод, разработанный авторами статьи, и его обоснование.

Введены следующие обозначения:

T_{gl} – время, в течение которого разрешено движение на дороге I;

T_{gII} – время, в течение которого разрешено движение на дороге II;

$T_c = T_{gl} + T_{gII}$ – длина цикла регулирования;

$$T_{gl} = T_{gl1} + T_{gl2} + \dots + T_{glp},$$

где T_{gli} – разрешено движение на дороге I в i -ом направлении (тогда в течение времени $T - T_{gli}$ движение на дороге I в i -ом направлении запрещено);

$$T_{gII} = T_{gII1} + T_{gII2} + \dots + T_{gIIq},$$

где T_{gIi} – разрешено движение на дороге II в j -м направлении (тогда в течение времени $T - T_{gIj}$ движение на дороге I в j -м направлении запрещено)

Существуют различные определения задержки у перекрестка. Под задержкой на регулируемом перекрестке в авторской модели понимается время простоя в случае, если движение в данном направлении запрещено.

Средняя часовая задержка за один цикл регулирования на регулируемом перекрестке (при условии, что очередь не накапливается):

$$Z = \frac{\sum_i W_i(T_c - T_{gli}, \lambda) + \sum_j W_j(T_c - T_{glj}, \lambda)}{T_c}.$$

В работе [7] определен вид функции $W(T_i, \lambda)$ при различных значениях параметра λ :

$$W(T_i, \lambda) = \left(\frac{1}{\mu} \frac{t^2}{2} + \frac{\sigma^2 - \mu^2}{2\mu^2} t \right) \Big|_0^{T_i} + \int_0^{T_i} R(t) dt.$$

Поставим задачу минимизации средней часовой задержки транспортных средств:

$$Z = \frac{\sum_i W_i(T_c - T_{gli}, \lambda) + \sum_j W_j(T_c - T_{glj}, \lambda)}{T_c} \rightarrow \min. \quad (1.1)$$

Условие ликвидации очереди за цикл регулирования по всем направлениям:

$$H_i(T_c, \lambda) - \frac{T_{gli}}{h} \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, p; \quad (1.2)$$

$$H_j(T_c, \lambda) - \frac{T_{glj}}{h} \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, q.$$

$H(T_c, \lambda)$ – функция восстановления, выражает количество автомобилей, прибывающих к перекрестку за время T_c .

Пусть N_I – интенсивность потока в направлении I. Ее можно представить в виде суммы интенсивностей по всем направлениям дороги I:

$$N_I = N_{I1} + N_{I2} + \dots + N_{Ip}.$$

Аналогично для дороги II:

$$N_{II} = N_{II1} + N_{II2} + \dots + N_{IIp}.$$

Замечание: если в течение времени T_{gli} (или T_{glij}) движение разрешено на нескольких полосах для движения ТС, то интенсивность на этих полосах суммируется и обозначается как N_{gli} (или N_{glij}).

Примем, что распределение фаз регулирования пропорционально интенсивности движения:

$$T_{gli} = k_{li} \cdot T_{gl}, \quad (1.3)$$

где $1 = \sum_{i=1}^p k_{li}$, $k_{li} = \frac{N_{li}}{N_I}$ – для дороги I.

$$T_{glij} = k_{lij} \cdot T_{gl}, \quad (1.4)$$

где $1 = \sum_{j=1}^q k_{lij}$, $k_{lij} = \frac{N_{lij}}{N_{II}}$ – для дороги II.

При этом

$$T - T_{glj} = T - k_{lj} \cdot T_{gl} = T - k_{lj} \cdot (T - T_{gl}) = T \cdot (1 - k_{lj}) + k_{lj} \cdot T_{gl}. \quad (1.5)$$

Рассмотрим задачу математического программирования (1.1–1.2). Функция (1.1) является функцией двух независимых переменных $T = T_c$ и T_{gl} . Найдем частные производные целевой функции по этим переменным, учитывая равенства (1.3–1.5):

$$\frac{\partial Z}{\partial T_{gl}} = \frac{1}{T} \cdot \left(\sum_i \frac{\partial W_i(T - T_{gli}, \lambda)}{\partial (T - T_{gli})} \cdot (-k_{li}) + \sum_j \frac{\partial W_j(T - T_{glj}, \lambda)}{\partial (T - T_{glj})} \cdot k_{lj} \right) = 0, \quad (1.6)$$

$$\frac{\partial Z}{\partial T} = -\frac{\sum_i W_i(T - T_{gli}, \lambda) + \sum_j W_j(T - T_{glj}, \lambda)}{T^2} + \frac{1}{T} \left(\sum_i \frac{\partial W_i(T - T_{gli}, \lambda)}{\partial (T - T_{gli})} \cdot 1 + \sum_j \frac{\partial W_j(T \cdot (1 - k_{lj}) + k_{lj} \cdot T_{gl}, \lambda)}{\partial (T \cdot (1 - k_{lj}) + k_{lj} \cdot T_{gl})} \cdot (1 - k_{lj}) \right) = 0. \quad (1.7)$$

Заметим, что $\frac{\partial W_i(T - T_{gli}, \lambda)}{\partial (T - T_{gli})} = H_i(T - T_{gli}, \lambda)$ и $\frac{\partial W_j(T - T_{glj}, \lambda)}{\partial (T - T_{glj})} = H_j(T - T_{glj}, \lambda)$ – воз-

растающие функции первого аргумента.

Оценим (1.7):

$$\begin{aligned} \frac{\partial Z}{\partial T} &\geq -\frac{\sum_i H_i \cdot (1 - k_{li}) + \sum_j H_j \cdot (1 - k_{lj})}{T} + \frac{1}{T} \cdot \left(\sum_i H_i \cdot 1 + \sum_j H_j \cdot (1 - k_{lj}) \right) = \\ &= -\frac{1}{T} \cdot \left(\sum_i H_i \cdot (1 - k_{li}) - \sum_i H_i \right) = \frac{1}{T} \cdot \sum_i H_i \cdot k_{li} > 0. \end{aligned}$$

Следовательно уравнение (1.7) не имеет решений, тогда функция (1.1) не имеет критических точек внутри области определения. Поэтому задача математического программирования (1.1–1.2) может иметь решения только на границе области определения.

Для решения задачи (1.1–1.2) будем составлять функцию Лангранжа, поочередно представляя одно из условий (1.2) в виде равенства

$$Z_L = Z + \xi \cdot \left(H_i(T, \lambda) - \frac{T_{gli}}{h} \right). \quad (1.8)$$

Переменные задачи: T, T_{gl}, ξ . Здесь ξ – множитель Лагранжа.

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial Z_L}{\partial T_{gl}} = \frac{\partial Z}{\partial T_{gl}} + \xi \cdot \left(-\frac{k_{li}}{h} \right) = 0, \end{aligned} \right. \quad (1.9)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial Z_L}{\partial T} = \frac{\partial Z}{\partial T} + \xi \cdot \left(\frac{1}{\mu} + R_i(T, \lambda) \right) = 0, \end{aligned} \right. \quad (1.10)$$

$$H_i(T, \lambda) - \frac{k_{li} \cdot T_{gl}}{h} = 0. \quad (1.11)$$

При составлении системы использовали тот факт, что

$$H_i(t, \lambda) = \frac{t}{\mu} + \frac{\sigma^2 - \mu^2}{2\mu^2} + R_i(t, \lambda).$$

Математическое ожидание $M(T)$ и дисперсия $D(T)$ для обобщенного закона Эрланга следующие:

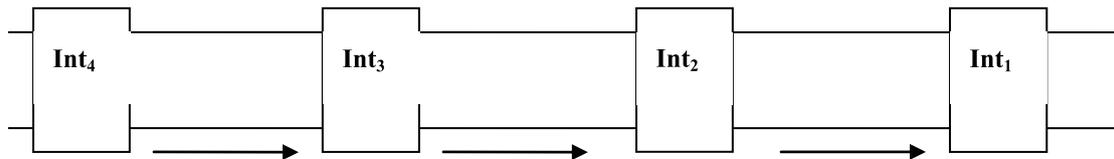
$$\mu = M(T) = \sum_{i=0}^{k-1} \frac{1}{\lambda_i}; \quad \sigma = \sqrt{D(T)} = \sqrt{\sum_{i=0}^{k-1} \frac{1}{(\lambda_i)^2}}.$$

Ранее авторами доказано, что функция $R(t)$ может состоять только из следующих слагаемых:

- 1) $Ae^{s_p t}$;
- 2) $A_1 e^{s_p t} + A_2 t e^{s_p t}$;
- 3) $A \cdot e^{\alpha t} \cos \beta t + B e^{\alpha t} \sin \beta t$.

Тогда производная по переменной t в каждом из этих случаев соответственно следующая:

- 1) $s_p \cdot A e^{s_p t}$;
- 2) $s_p \cdot A_1 e^{s_p t} + A_2 e^{s_p t} + s_p \cdot A_2 t e^{s_p t}$;
- 3) $\alpha e^{\alpha t} \cdot (A \cos \beta t + B \sin \beta t) + \beta e^{\alpha t} \cdot (-A \sin \beta t + B \cos \beta t)$.



Последовательность регулируемых перекрестков

Система (1.9–1.11) решается численно, например, с помощью систем Maple или MatLab. После решения полученной системы проверяем выполнение всех условий (1.2).

Среди всех найденных точек выбираем ту, для которой целевая функция принимает минимальное значение.

Ранее [9] авторами была решена аналогичная задача для случая пересечения двухполосных дорог.

Метод управления движением во время заторов

Рассмотрим серию перекрестков $Int_1, Int_2, \dots, Int_n$ (рисунок). И пусть Int_1 – единственный из них, у которого интенсивность превышает пропускную способность по указанному направлению («узкое место»). В этом случае очередь у перекрестка будет накапливаться при любом режиме регулирования, так как условие (1.2) хотя бы для одного из направлений не выполняется. Задачей управления в этом случае является не допустить блокировку соседнего перекрестка Int_2 .

В работе [8] авторами описан метод обновления исходных данных для модели TIMeR_Mod. Это позволяет отследить и предсказать возможность появления «затора» у перекрестка.

Избыток автомобилей за один цикл в выбранном направлении (накопившаяся за один цикл очередь):

$$Q = H(T_c, \lambda) - \frac{T_{gl}}{h},$$

где T_c – длина цикла регулирования, T_{gl} – разрешено движение на дороге I в выбранном направлении, h – интервал между отбывающими с перекрестка автомобилями, $g = \frac{T_{gl}}{T_c}$ – относительная фаза зеленого сигнала.

Очередь начинает накапливаться у конкретного регулируемого перекрестка при выполнении условия

$$Q = H(T_c, \lambda) - \frac{T_{gl}}{h} > 0.$$

Ниже используются следующие обозначения:

$c_i, i \in \{1, 2, \dots, n\}$ – относительная пропускная способность перекрестка Int_i ;

$g_i, i \in \{1, 2, \dots, n\}$ – относительная фаза зеленого сигнала на Int_i ;

$\rho_i^d, i \in \{1, 2, \dots, n\}$ – относительная интенсивность потока, убывающего с перекрестка Int_i (в данном направлении);

$\rho_i^a, i \in \{1, 2, \dots, n\}$ – относительная интенсивность потока, прибывающего на Int_i (в данном направлении).

Причем $\rho_i^d = \min\{\rho_i^a, c_i\}$.

Так как по условию Int_1 – «узкое место», то выполняется неравенство: $g_1 < \rho_1^a$. Относительная интенсивность прибытий в выбранном направлении перед перекрестком Int_1 складывается из ρ_{str} (автомобили, совершавшие движение в направлении $Int_3 \rightarrow Int_2 \rightarrow Int_1$) и ρ_{ad2} (автомобили, примкнувшие к этому направлению на перекрестке Int_2): $\rho_1^a = \rho_{str} + \rho_{ad2}$.

1 случай. Для всех остальных перекрестков $Int_2, Int_3, \dots, Int_n$ выполняется неравенство: $\rho_1^a < g_i, i \in \{2, 3, \dots, n\}$.

Тогда для сдерживания распространения очереди изменим фазы регулирования на Int_2 : $g_2 = \rho_1^a$. То есть фазе зеленого сигнала на Int_2 дадим значение относительной интенсивности прибытий к Int_1 .

Если при этом очередь у Int_2 начнет блокировать Int_3 , примем $g_3 = \rho_1^a$. И так далее.

Регулируя таким образом в динамическом режиме светофорную сигнализацию, можно перераспределить очередь между перекрестками $Int_1, Int_2, \dots, Int_n$ и избежать блокировки перекрестка Int_2 . Причем смену фаз необходимо провести менее, чем за время $kol = \left\lceil \frac{Q_1}{\rho_1^a - g_1} \right\rceil$ циклов.

2 случай. Если $\rho_{ad2} < c_1$, а $\rho_{str} < g_i$, то на перекрестке Int_2 примем: $g_2 = c_1 - \rho_{ad2}$.

Если при этом очередь у Int_2 начнет блокировать Int_3 , примем: $g_3 = c_1 - \rho_{ad3}$. И так далее.

3 случай. Если $\rho_{ad2} > c_1$, то ликвидировать очередь у Int_1 можно только за счет перераспределения транспортных потоков по сети. Модель TIMeR_Mod позволяет это

сделать путем выбора маршрута с наименьшими транспортными затратами [Naumova, Danovich, 2014].

Заключение

Скопление транспортных средств в узловых точках улично-дорожной сети – одна из основных причин транспортных заторов. Исследования авторов статьи направлены на решение данной проблемы. Методы решения базируются на собственной модели распределения транспортных потоков, которая выгодно отличается от уже существующих адекватным сочетанием точности расчетов и скорости вычислений. Задачи по управлению движением автотранспортных средств в модели TIMeR_Mod решаются без привлечения имитационного моделирования, что позволяет оперативно получать результат в динамическом режиме.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края, проект № 16-48-230720 p_a.

Список литературы

1. Jin X., Zhang Y., Wang F., Li L., Yao D., Su Y., Wei Z. Departure headways at signalized intersections: A log-normal

distribution model approach // Transport Res. C-Emer. – 2009. – vol. 17. – P. 318–327.

2. Chaudhry M.S., Ranjitkar P., Wilson D.J. Queue discharge behavior at signalized intersection: a comparison between field measurements with analytical and micro-simulation models // J. East. Asia Soc. Transport. Stud. – 2011. – vol. 9. – P. 1628–1643.

3. Ban X., Hao P., Sun Z. Real time queue length estimation for signalized intersections using travel times from mobile sensors // Transport. Res. C-Emer. – 2011. – vol. 19, no. 6. – P. 1133–1156.

4. Robertson D.I. Research on the TRANSYT and SCOOT Methods of Signal Coordination // ITE JOURNAL/JANUARY, 1986. – P. 36–40.

5. P. Lowrie. The Sydney coordinated adaptive control systems – principles, methodology, algorithms. IEE conference publication. – 1982. – vol. 207.

6. Z. Li. Modeling Arterial Signal Optimization with Enhanced Cell Transmission Formulations // Journal of Transportation Engineering. – 2011. – № 137(7). – P. 445–454.

7. Naumova N., Danovich L. A model of flows distribution in the network // Life Science Journal. – 2014. – No.11(6). – P. 591–597.

8. Natalya Aleksandrovna Naumova. Method for Estimating An Origin-Destination Matrix for Dynamic Assignment // International Journal of Control Theory and Applications. – 2016. Vol. 9 (30). – P. 129–138.

9. Наумова Н.А., Домбровский А.Н., Данович Л.М. Метод управления светофорной сигнализацией в условиях функционирования интеллектуальных транспортных систем // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 9–1. – С. 64–68.

УДК 519.711

НЕГОЛОНОМНЫЕ СВЯЗИ В УПРАВЛЯЕМОЙ ДИНАМИКЕ МНОГОТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Полянина А.С.

Камышинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: A.S.Churzina@mail.ru

В статье рассматривается случай управляемого движения многотельных систем. Действия управляющих сил в уравнениях движения заменяются уравнениями неголономных связей с заданными программными траекториями. Управление системой сводится к перемещению ее точек по заданным траекториям. Нахождение параметров управления для получения заданного движения одной или нескольких точек механической системы является актуальной задачей в робототехнике. Для реализации заданного закона перемещения в основном используют метод обратной задачи. Решение обратной задачи получается из системы дифференциально-алгебраических уравнений. В качестве примера в статье рассматривается задача обеспечения устойчивого движения системы управления. При несогласованных начальных условиях возникает возмущение движения, что может приводить к неустойчивости численного интегрирования системы. Предлагается несколько способов получения параметрической устойчивости ее решения. Численное моделирование иллюстрирует основные результаты работы.

Ключевые слова: многотельная система, неголономные связи, управление, устойчивость

NONHOLONOMIC CONSTRAINTS IN CONTROLLED DYNAMICS OF MANY-BODY SYSTEMS

Polyanina A.S.

*Kamyshin Technological Institute (branch of) State Educational Institution of Higher Education
Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: A.S.Churzina@mail.ru*

In article the case of the controlled motion of many-body systems is considered. The effect of control forces in equations of motion is replaced by the equations of nonholonomic constraints with given program trajectories. Controlling the system is reduced to moving its points along given trajectories. Finding control parameters for obtaining a given motion of one or more points of a mechanical system is an actual task in robotics. To implement the given principle of motion, the inverse problem method is mainly used. The solution of the inverse problem is obtained from the system of differentially-algebraic equations. As an example in the article, the problem of ensuring a stable motion of a control system is considered. Under uncoordinated initial conditions there is displacement of the motion that can result in instability of numerical integration of system. Several methods for obtaining the parametric stability of its solution are offered. Numerical modeling illustrates the main results of work.

Keywords: many-body system, nonholonomic constraints, control, stability

В современных численных методах анализа динамики многотельных систем широко используется запись уравнений в форме уравнений Лагранжа I рода с неопределенными множителями [1]. С помощью уравнений такого типа решается широкий класс задач неуправляемого и управляемого движения связанной системы тел.

В робототехнике [2] при решении задач синтеза управляемого движения использование уравнений Лагранжа I рода ведет к необходимости задания программных траекторий отдельных точек системы. В работе [3] рассматривается методика встраивания в систему управления программными движениями звеньев роботов генератора устойчивых траекторий. Предложенная система управления включает в себя управляемую подсистему, уравнения генератора программных траекторий по форме, близких к прямоугольной, и уравнения голономных связей. Выбор таких траекторий был обусловлен особенностями движения схва-

та работа. В работах [4–6] рассматриваются генераторы автоколебательного типа, которые позволяют обеспечить устойчивость движения управляемой подсистемы по заданным траекториям.

В данной работе конструируется система управления, в которой связи генератора траекторий с объектом управления являются неголономными [7]. Приведен пример системы управления с таким типом связей и получены условия устойчивости ее решения.

Математическая модель динамики системы тел

Рассмотрим динамику многотельных систем в форме уравнений Лагранжа I рода:

$$\begin{cases} \mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} + \Phi_{\mathbf{x}}^T \mathbf{p} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, t), \\ \Phi(\mathbf{x}) = \mathbf{0}. \end{cases} \quad (1)$$

где $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ – вектор обобщенных координат всей системы, \mathbf{M} – матрица

инерции, \mathbf{p} – вектор множителей Лагранжа, $\mathbf{f}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, t)$ – вектор внешних, внутренних сил системы, Φ – вектор геометрических связей, Φ_x^T – матрица переменных коэффициентов связей точек. Уравнения в форме (1) не всегда удобно использовать для численного интегрирования, поэтому второе уравнение системы часто дифференцируют два раза, после чего система принимает вид

$$\begin{cases} \mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} + \mathbf{D}^T \mathbf{p} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, t), \\ \mathbf{D}\ddot{\mathbf{x}} = \mathbf{h}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}), \end{cases} \quad (2)$$

где $\mathbf{D} = \Phi_{x\dot{x}}$, $\mathbf{h}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}})$ – вектор правых частей уравнений связей после двукратного дифференцирования. Если движение управляемое, то система (2) дополняется вектором управления $\mathbf{u}(t)$ и записывается в следующей форме

$$\begin{cases} \mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} + \mathbf{D}^T \mathbf{p} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, t) + \mathbf{u}(t), \\ \mathbf{D}\ddot{\mathbf{x}} = \mathbf{h}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}). \end{cases}$$

Таким образом, уравнения динамики включают в себя уравнения свободного движения тел и уравнения от геометрических связей; $\mathbf{u}(t)$ – вектор управляющих сил, действующих на систему.

Действие управляющих сил $\mathbf{u}(t)$ в уравнениях движения можно заменить уравнениями связей с заданными траекториями движения. Управление системой сводится

$$\begin{pmatrix} \mathbf{M} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{E} + \mathbf{p}^{*T} (\Phi_{x\dot{x}}^T)_{x\dot{x}} & \Phi_{x\dot{x}}^T \\ \mathbf{D} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \Phi_{x\dot{x}} & \mathbf{0} \end{pmatrix} \mathbf{D}^T \begin{pmatrix} \ddot{\mathbf{x}} \\ \ddot{\mathbf{x}}^* \\ \dot{\mathbf{p}}^* \\ \mathbf{p} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{f}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, t) \\ \mathbf{f}^*(\mathbf{x}^*, \dot{\mathbf{x}}^*) \\ \mathbf{h}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}) \\ \mathbf{0} \end{pmatrix}.$$

Условия параметрической устойчивости системы управляемого движения

В качестве примера рассмотрим систему управляемого движения массы m : уравнения (3) будут иметь вид

$$\begin{cases} m\ddot{x}_1 = 0, \\ \ddot{x}_2 = Q, \\ x_1 - \dot{x}_2 = 0, \end{cases} \quad (4)$$

после введения множителя Лагранжа –

$$\begin{cases} m\ddot{x}_1 - p^* = 0, \\ \ddot{x}_2 - \dot{p}^* = Q, \\ x_1 - \dot{x}_2 = 0, \end{cases} \quad (5)$$

где Q – постоянная сила.

к перемещению ее точек по заданным траекториям.

В случае неголономных связей управляемое движение системы определим следующим образом

$$\begin{cases} \mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, t), \\ \ddot{\mathbf{x}}^* = \mathbf{f}^*(\mathbf{x}^*, \dot{\mathbf{x}}^*), \\ \mathbf{q}(\mathbf{x}) = \mathbf{0}, \\ \Phi(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}^*) = \mathbf{0}, \end{cases} \quad (3)$$

где $\mathbf{x}^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_k^*)^T$ – вектор обобщенных координат генератора системы; $\mathbf{q}(\mathbf{x})$, $\Phi(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}^*)$ – векторы связей.

После введения множителей Лагранжа система (3) запишется в виде

$$\begin{cases} \mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} + \mathbf{D}^T \mathbf{p} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, \mathbf{p}^*, \dot{\mathbf{x}}^*, t), \\ (\mathbf{E} + \mathbf{p}^{*T} (\Phi_{x\dot{x}}^T)_{x\dot{x}}) \ddot{\mathbf{x}}^* + \Phi_{x\dot{x}}^T \dot{\mathbf{p}}^* = \mathbf{f}^*(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, \mathbf{x}^*, \dot{\mathbf{x}}^*), \\ \mathbf{D}\ddot{\mathbf{x}} = \mathbf{h}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}), \\ \Phi_{x\dot{x}} \dot{\mathbf{x}} + \Phi_{\dot{x}} \dot{\mathbf{x}}^* = \mathbf{0}, \end{cases}$$

где \mathbf{p}^* – вектор множителей Лагранжа, соответствующих связям с заданными программными траекториями. При численном интегрировании такой системы дифференциальных уравнений с использованием явных методов интегрирования многократно решается система уравнений

Аналитическое решение системы (5) представим в виде

$$\begin{cases} \dot{p}^* = \dot{x}_1 - Q, \\ m\ddot{x}_1 = p^*, \\ \ddot{x}_2 = \dot{x}_1. \end{cases}$$

Условия связи в уравнении (4) делают зависимыми начальные условия для интегрирования уравнений (4), (5): $x_1 = \dot{x}_2$, $\dot{x}_1 = Q$.

При несогласованных начальных условиях $x_1 = \dot{x}_2$, $\dot{x}_1 = Q - 0,05$ возникает возмущение движения (рис. 1), что может приводить к неустойчивости численного интегрирования системы (5).

Для анализа устойчивости (5) рассмотрим линеаризованные уравнения возму-

ценного движения, которые в матричной форме имеют следующий вид

$$\dot{\mathbf{x}} + \mathbf{A}\mathbf{x} = \mathbf{0},$$

где $\mathbf{x} = (p^*, x_1, x_2, x_3, x_4)^T$ – вектор состояния системы, \mathbf{A} – матрица вида

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ -\frac{1}{m} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Устойчивость системы (5) определяется собственными значениями матрицы \mathbf{A} ; для матрицы (6) одно из собственных значений имеет положительную действительную часть. Возмущенная система является неустойчивой, что проявляется при несогласованных начальных условиях. Этому случаю соответствуют графики перемещения и скорости, приведенные на рис. 1.

Для обеспечения устойчивости численного интегрирования (5) умножим обе части второго уравнения системы (4) на α . В этом случае аналитическое решение системы (5) можно получить из следующего представления уравнений

$$\begin{cases} \dot{p}^* = \alpha(\dot{x}_1 - Q), \\ m\ddot{x}_1 = p^*, \\ \ddot{x}_2 = \dot{x}_1. \end{cases} \quad (7)$$

Устойчивое численное решение системы (7) можно получить двумя способами:

1) возможные значения параметра α первого уравнения системы (7) положить в интервал меньше 1, т.е. $\alpha < 1$.

При уменьшении α наблюдается тенденция приближения графиков к точному решению (рис. 2).

При $\alpha < 0$ собственные значения матрицы (6) имеют чисто мнимые части; при $0 < \alpha < 1$ некоторые из них – положительные действительные части;

2) введение дополнительных членов пропорциональных невязкам уравнений связей. Здесь этого можно добиться путем подстановки в первое уравнение системы (7) слагаемого, пропорционального множителю Лагранжа p^* . Пусть параметр $\alpha = 1$, тогда решение системы (7) примет вид

$$\begin{cases} \dot{p}^* = \dot{x}_1 - Q - cp^*, \\ m\ddot{x}_1 = p^*, \\ \dot{x}_1 - \ddot{x}_2 = 0, \end{cases}$$

где c – положительное число.

Увеличение значений параметра c позволит стабилизировать возмущенное движение, возникающее в системе при несогласованных начальных условиях (рис. 3);

3) при получении устойчивого решения в п. 1 параметр α должен был удовлетворять условию: $\alpha < 1$. Введение в первое уравнение системы (7) слагаемого $-cp^*$ снимает ограничения на значения α . Система запишется в виде

$$\begin{cases} \dot{p}^* = \alpha(\dot{x}_1 - Q) - cp^*, \\ m\ddot{x}_1 = p^*, \\ \dot{x}_1 - \ddot{x}_2 = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Матрице \mathbf{A} линеаризованной системы в этом случае соответствуют отрицательные и положительные действительные части собственных значений. При достаточно больших значениях α положительная действительная часть будет стремиться к нулю.

Результаты численного интегрирования таких систем представлены на рис. 4, 5.

Для устойчивого решения роста α должен сопутствовать еще больший рост c .

Собственные значения матрицы \mathbf{A} только при $\alpha < 0$ имеют нулевые и отрицательные действительные части.

При малых отрицательных значениях c : $-1 < c < 0$, также можно получить устойчивое решение системы (8) при условии $\alpha < 1$.

Таким образом, для стабилизации системы (8) должно выполняться одно из следующих соотношений на параметры

$$\begin{cases} \alpha < 1, \\ -1 < c \leq 0; \\ \alpha > 1, \\ c > 0; \end{cases}$$

При $\alpha = 1, c = 0$ система устойчива только при согласованных начальных условиях.

Рассмотрим систему (4), заменив в нем второе уравнение:

$$\begin{cases} m\ddot{x}_1 = 0, \\ \ddot{x}_2 = -\omega^2 x_2, \\ x_1 - \dot{x}_2 = 0. \end{cases} \quad (9)$$

Система (9) в связанном виде записывается в форме

$$\begin{cases} m\ddot{x}_1 = p^*, \\ \ddot{x}_2 = -\omega^2 x_2 + \dot{p}^*, \\ x_1 - \dot{x}_2 = 0. \end{cases}$$

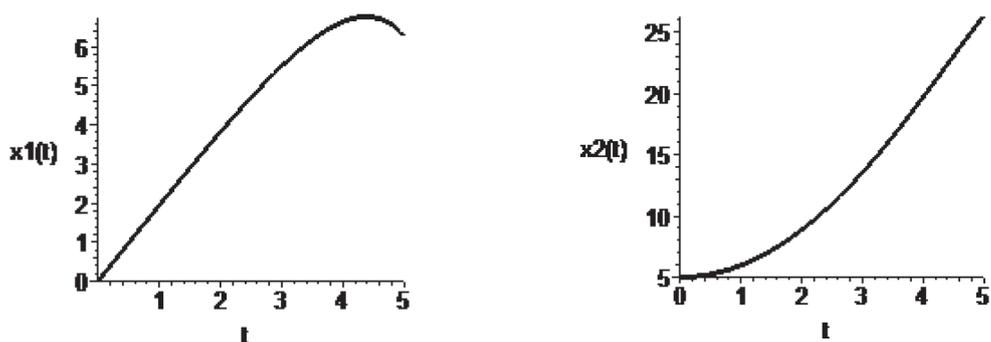


Рис. 1. Зависимость переменных x_1 и x_2 от времени t до стабилизации

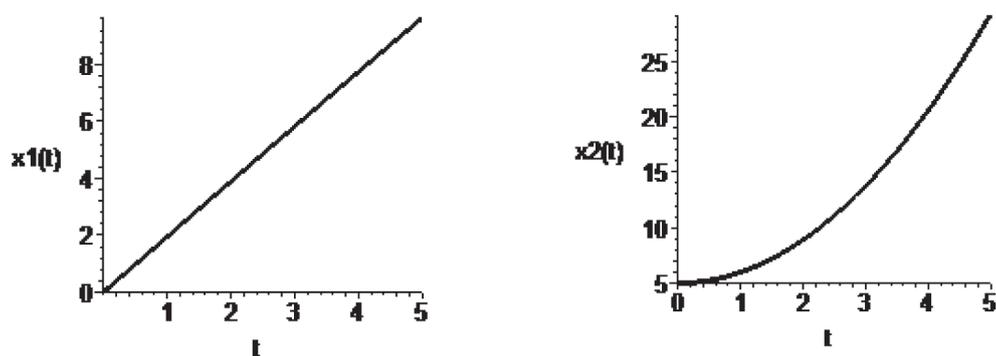


Рис. 2. Зависимость переменных x_1 и x_2 от времени t при $\alpha = 0,1$, $\alpha \leq -1$

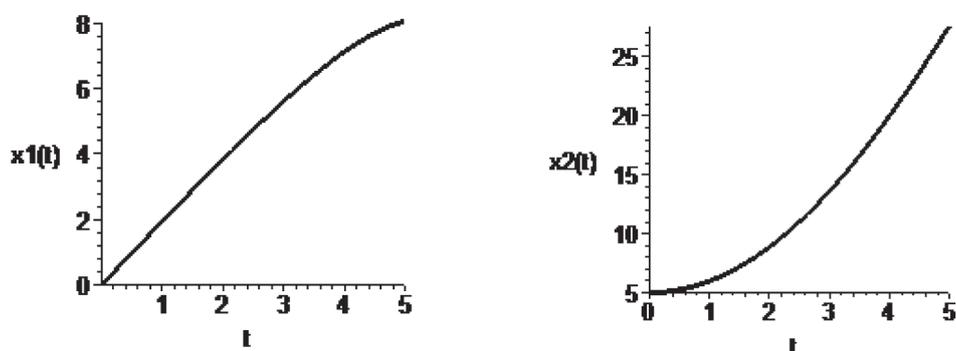


Рис. 3. Зависимость переменных x_1 и x_2 от времени t при $c = 0,5$

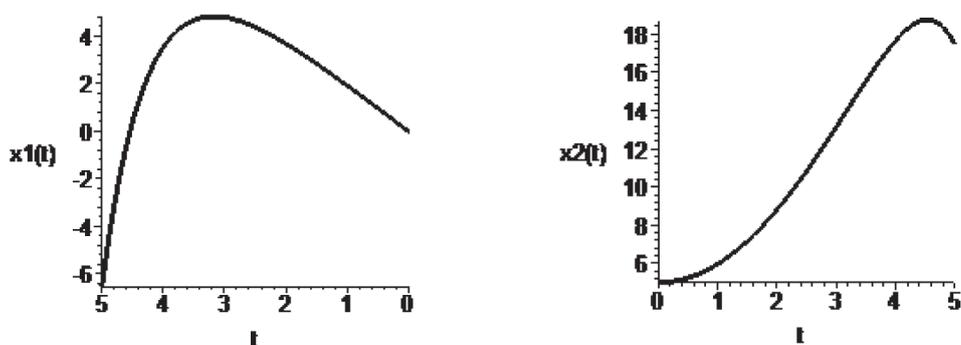


Рис. 4. Зависимость переменных x_1 и x_2 от времени t при $\alpha = 3$, $c = 1$

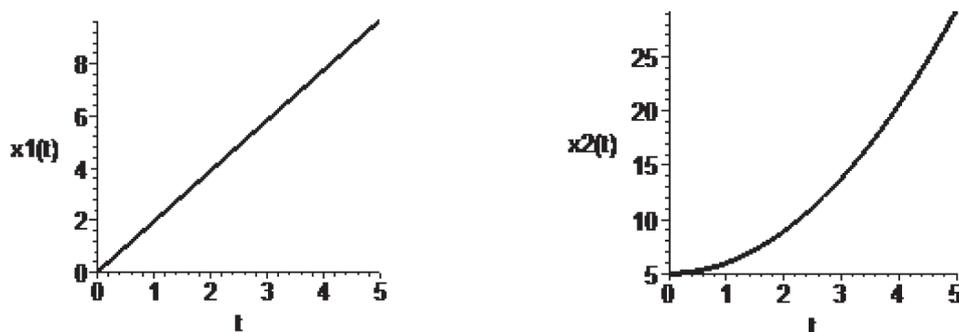


Рис. 5. Зависимость переменных x_1 и x_2 от времени t при $\alpha = 3$, $c = 30$

Аналитическое решение системы (9) после дифференцирования уравнения связи представим следующим образом:

$$\begin{cases} m\ddot{x}_1 = p^*, \\ \dot{p}^* = \dot{x}_1 + \omega^2 x_2, \\ \ddot{x}_2 = \dot{x}_1. \end{cases} \quad (10)$$

Хотя система (9) имеет очевидное решение $x_2(t) = a \sin(\omega t + \varepsilon)$, $x_1(t) = a\omega \cos(\omega t + \varepsilon)$, численное интегрирование уравнения (10) не дает искомого решения и поиск методов стабилизации решения требует дополнительного исследования.

Заключение

Построена система управления, в которой взаимодействие генератора программных траекторий с управляемой подсистемой обеспечивают уравнения неголономных связей.

В робототехнике зачастую требуется получить циклические движения различной формы, обеспечивающие устойчивость движения как отдельного звена, так и всей системы.

Обычно в этом случае используются робастные ПИД-регуляторы, которые не всегда могут обеспечить устойчивость системы. Поэтому проблема синтеза устойчивых режимов управления движением по заданным траекториям остается актуальной.

Список литературы

1. Банах Л.Я. Условия разбиения системы дифференциально-алгебраических уравнений на слабосвязанные подсистемы / Л.Я. Банах, А.С. Горобцов, О.К. Чесноков // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2006. – Т. 46, № 12. – С. 2225–2229.
2. Горобцов А.С., Андреев А.Е., Тарасов П.С., Скориков А.В., Карцов С.К. Синтез устойчивых квазистатических режимов шагания антропоморфного робота // Известия ВолгГТУ. Сер. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. – 2016. – № 6 (185). – С. 75–76.
3. Полянина А.С. Задача синтеза автоколебательных режимов в многомерных динамических системах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12–4. – С. 618–621.
4. Горобцов А.С. Притягивающие эллипсоиды и синтез нелинейных колебательных режимов / А.С. Горобцов, О.Е. Григорьева, Е.Н. Рыжов // Автоматика и телемеханика. – 2009. – № 8. – С. 40–48.
5. Gorobtsov A. About formation of the stable modes of the movement of multilink mechanical systems / A. Gorobtsov, E. Ryzhov, A. Polyagina // Vibroengineering Procedia. Vol. 8: proc. of 22nd International Conference on Vibroengineering (Moscow, Russia, 4–7 October 2016) / Publisher JVE International Ltd. – Kaunas (Lithuania), 2016. – P. 522–526.
6. Gorobtsov A., Polyagina A., Andreev A. The Use of the Limit Cycles of Dynamic Systems for Formation of Program Trajectories of Points Feet of the Anthropomorphous Robot // World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index 126, International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering. – 2017. – № 11(6). – P. 717–720.
7. Морозов В.М. Неголономные механические системы. Устойчивость и стабилизация / В.М. Морозов, В.И. Каленова, М.А. Салмина // Устойчивость и процессы управления: тр. междунар. конф. (Санкт – Петербург, 29 июня – 1 июля 2005 г.). – Т. 2. – С. 1107–1116.

УДК 544.653.1:546.81

ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ОЛОВА ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Смирнова Н.В., Куриганова А.Б., Фаддеев Н.А., Пудова Л.С., Ульяновкина А.А.

*ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет
имени М.И. Платова (НПИ)», Новочеркасск, e-mail: kuriganova_@mail.ru*

Твердополимерные топливные элементы и литий-ионные аккумуляторы являются перспективными экологичными источниками электроэнергии. Эффективность работы этих устройств определяется в первую очередь характеристиками используемых в них электродных материалов. Диоксид олова в нанодисперсном состоянии благодаря возможности легко регулировать микроструктурные характеристики и высокой кислородсорбирующей способности представляет собой перспективный материал, способный частично или полностью заменить традиционные электродные материалы в топливных элементах и литий-ионных аккумуляторах. Микроструктурные и функциональные свойства нанодисперсного диоксида олова во многом определяются способом его получения. Традиционные химические методы получения зачастую не позволяют получать кристаллический продукт, который, кроме того, может быть сильно загрязнен структурообразующими агентами и стабилизирующими добавками. Предлагаемый в настоящей работе метод электрохимического окисления и диспергирования оловянных электродов под действием переменного импульсного тока позволит получать чистый кристаллический диоксид олова без пред- и/или постобработки материала.

Ключевые слова: топливный элемент, литий-ионный аккумулятор, диоксид олова, наночастицы платины, нестационарный электролиз, электрохимическое диспергирование, переменный ток

TIN DIOXIDE-BASED ELECTRODE MATERIALS FOR ELECTROCHEMICAL APPLICATIONS

Smirnova N.V., Kuriganova A.B., Faddeev N.A., Pudova L.S., Ulyankina A.A.

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, e-mail: kuriganova_@mail.ru

Proton exchange membrane fuel cells and lithium-ion batteries are promising green power sources. The efficiency of these devices is primarily determined by the characteristics of the electrode materials. Due to the ability to easily control microstructural characteristics and high oxophilicity nanodispersed tin dioxide is a promising material that can partially or completely replace traditional electrode materials in fuel cells and lithium-ion batteries. The microstructural and functional properties of nanodispersed tin dioxide are largely determined by the method of its preparation. Traditional chemical methods of tin dioxide production are often not allowed to produce a crystalline product, which, in addition, can be heavily contaminated with capping agents and stabilizing additives. The proposed method of electrochemical oxidation and dispersion of tin electrodes under the action of an alternating pulse current will make it possible to obtain pure crystalline tin dioxide without pre- and/or post-treatment of the material.

Keywords: fuel cell, lithium-ion battery, tin dioxide, platinum nanoparticles, non-stationary electrolysis, electrochemical dispersion, alternating current

Наноструктуры на основе диоксида олова (SnO_2) являются перспективными материалами, полупроводниками n-типа для различных приложений [1]. Электрохимические свойства и возможность легко регулировать микроструктурные характеристики дисперсного SnO_2 делают его перспективным материалом для электрохимических источников тока, в частности твердополимерных топливных элементов (ТПТЭ) и литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) [2, 3].

Наиболее распространенными методами получения диоксида олова являются золь-гель метод [4, 5], гидротермальный метод [6] и химическое осаждение из паровой фазы [7, 8]. Все эти методы предполагают применение высоких температур или вакуума, а также сложными пред- и/или постобработкой материала. Кроме того, большинство химических подходов к синтезу диоксида олова предполагают использова-

ние поверхностно-активных веществ (ПАВ) в качестве структурообразующих агентов и стабилизаторов [9]. При этом достаточно сложно удалить эти вещества из конечного продукта, что в дальнейшем негативно сказывается на его функциональных свойствах. Электрохимические подходы к получению дисперсных оксидов металлов, в частности диоксида олова, являются перспективными ввиду того, что позволяют избежать большинства проблем, перечисленных выше. Для электрохимических методов характерны высокий выход конечного продукта и сравнительно низкая стоимость процесса синтеза оксидов металлов по сравнению с химическими подходами.

Большинство электрохимических методов получения дисперсных оксидов металлов предполагают использование постоянного тока. Однако для получения диоксида олова в условиях постоянного тока к электродам необходимо приложить высокие по-

тенциалы (20–40 В), а затем полученный диоксид олова должен быть отожжен на воздухе при 700 °С для получения кристаллической структуры оксида [10]. Использование синусоидального переменного тока может значительно интенсифицировать процесс образования диоксида олова, однако продукты, синтезированные в таких условиях, состоят не только из фазы SnO₂, но также включают в себя фазы Sn₂O₃ и Sn₃O₄ в гидратированной, аморфной форме.

Применение импульсных режимов электролиза для синтеза наноструктурированных оксидов металлов позволяет проводить синтез при гораздо более низких потенциалах, сохраняя при этом высокие значения плотностей токов. Кроме того, известно, что скорость окисления и диспергирования металлов под действием импульсного переменного тока значительно выше, чем скорость анодного окисления металлов в условиях постоянного тока [11]. Явление ускорения коррозии металлов под действием переменного тока являлось предметом исследования еще в середине 20 В [12], а метод электрохимического диспергирования металлов был успешно применен нами для синтеза различных электродных материалов [13]. Отличительной особенностью данного метода является то, что синтезированные дисперсные оксиды металлов могут быть использованы *as prepared*, то есть они не требуют дополнительной постобработки (в частности, термической) для улучшения их функциональных свойств.

В данной работе мы применили метод электрохимического диспергирования и окисления металлов к получению дисперсного SnO₂ и исследовали его свойства в составе анодных материалов ЛИА и ТПТЭ.

Материалы и методы исследования

Получение дисперсного SnO₂ осуществляли по следующей методике: два оловянных электрода одинаковой геометрической площади помещали в раствор 2М NaCl. На электроды подавали переменный импульсный ток со средней плотностью 1 А/см², под действием которого происходило окисление и диспергирование оловянных электродов в объеме электролита. Синтез вели при постоянном охлаждении и перемешивании электролита. По окончании синтеза суспензию фильтровали и многократно промывали дистиллированной водой. Полученный порошок SnO₂ сушили при 80 °С до постоянной массы.

Синтез платиносодержащих катализаторов на основе гибридного носителя SnO₂-С осуществляли по методике ранее описанной нами в [14]. Содержание диоксида олова в катализаторе составило 30%, содержание платины – 25%.

Рентгенофазовое исследование полученных материалов проводили с использованием ARL X'TRA Powder Diffractometer, Thermo Scientific, (CuKα,

λ = 1,5418 Å). Данные рентгенофазового анализа регистрировались в диапазоне 2θ 20–100 град.

Микроскопические исследования дисперсного SnO₂ и Pt/SnO₂-С электрокатализатора проводили с использованием сканирующего электронного микроскопа Hitachi S-3400N и просвечивающего электронного микроскопа JEM-2100, JOEL.

Для исследования электрохимических характеристик SnO₂ в качестве анодного материала ЛИА готовили электродную массу, состоящую из SnO₂, углеродной сажи Super C65 (Timcal) и карбоксиметилцеллюлозы в качестве связующего компонента. Соотношение компонентов составляло 80:5:15% соответственно. Полученную массу наносили на медную фольгу и сушили 12 часов при 120 °С под вакуумом. Масса диоксида олова на полученных электродах составила 2,5 мг/см². Исследование электрохимических характеристик проводили методом циклической вольтамперометрии (ЦВА) с использованием электрохимической ячейки выполненной из политетрафторэтилена (ПТФЭ), вспомогательным электродом послужила литиевая фольга, электрод сравнения – хлорсеребряный, электролит 1М LiPF₆.

Для исследования электрохимических характеристик Pt/SnO₂-С материала в качестве анодного катализатора ТПТЭ готовили «каталитические чернила» и рабочие электроды по методике, представленной в [15]. Влияние диоксида олова на электрокаталитические свойства платиносодержащего катализатора исследовали на примере реакции электрохимического окисления этанола методом циклической вольтамперометрии.

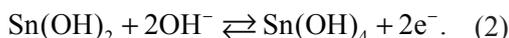
Результаты исследования и их обсуждение

Электрохимическое поведение олова в электролитах с различным значением pH, таких как боратный буфер [16], бикарбонатный буфер [17], разбавленный раствор NaOH в присутствии галогенов [18] на сегодняшний день изучено достаточно широко. Но большинство этих исследований осуществлялось в электролитах с достаточно низкой концентрацией галогенов (0,01–0,1 моль/л). Однако проведение процесса электрохимического диспергирования металлов невозможно при таких низких значениях концентрации электролита ввиду высоких омических потерь при наложении потенциала на электроды. Поэтому мы исследовали вольтамперометрическое поведение оловянного электрода в водном растворе NaCl с концентрацией 2 моль/л и pH ≈ 7.

На рис. 1 представлены первые 10 ЦВА кривые оловянного электрода в 2М NaCl в интервале потенциалов –2,2 – 0 В. Как на анодном, так и на катодном ходе кривой наблюдаются различные пики, соответствующие формированию SnO, Sn(OH)₂ и Sn(OH)₄ [19]. Формирование оксидной пленки на поверхности оловянного электрода протекает в несколько стадий [17]:



Пенка, сформированная в соответствии с уравнением (1), быстро окисляется до более стабильной фазы (уравнение 2):



При более положительных потенциалах (выше $-0,5$ В) (рис. 1, область С) происходит прямое окисление Sn до Sn(IV) [17]:



Который дегидрируется в соответствии с уравнением

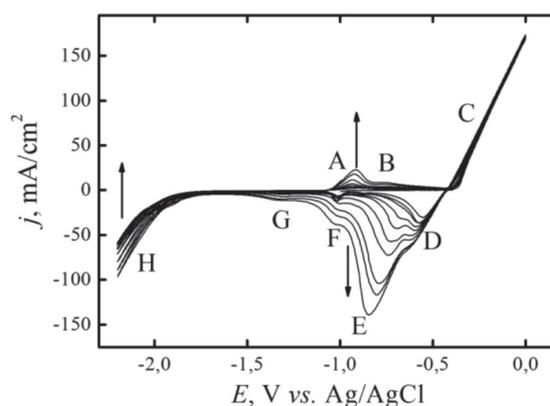
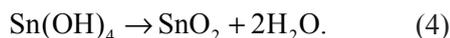


Рис. 1. ЦВА Sn электрода в 2M NaCl, скорость развертки потенциала 50 мВ/с

На катодном ходе кривой наблюдаются пики восстановления окисленной поверхности олова D, E, F, G, которые смещаются к более катодным потенциалам в ходе циклирования. Наличие таких пиков, соответствующих формированию и восстановлению разнообразных оксидов олова, уже наблюдалось в щелочных и хлоридных [18], карбонатных [17] буферных растворах с $\text{pH} \approx 7$. Выделение водорода протекает с большим перенапряжением, при потенциалах ниже $-1,7$ В (рис. 1, область H), что согласуется с результатами [17], где было показано, что выделение водорода на Sn/SnO протекает при потенциале $-1,6$ В. Таким образом, образовавшиеся на поверхности олова оксидные пленки не восстанавливаются полностью в катодный период и механически удаляются с поверхности оловянного электрода за счет интенсивного выделения водорода. В присутствии Cl^- ионов при высоких анодных потенциалах может наблюдаться образование растворимых хлоридных комплексов $[\text{Sn}(\text{OH})_4\text{Cl}_2]^{2-}$ [18], что в результате может привести к наличию небольшого количества хлора в конечном продукте.

Таким образом, на основе результатов циклической вольтамперометрии можно предположить, что для получения дисперсного SnO_2 с применением переменного импульсного тока должны соблюдаться следующие условия:

1) во время анодного импульса потенциалы электрода должны достигать не менее $+2$ В для полного окисления олова, минуя образование $\text{Sn}(\text{OH})_2$ и $\text{Sn}(\text{OH})_4$ фаз;

2) во время паузы потенциал электрода должен быть не ниже $-0,5$ В, чтобы избежать восстановления сформированных оксидов;

3) интенсивное выделение водорода для удаления оксидной пленки с поверхности электрода.

Рентгеноструктурные исследования показали, что результатом электрохимического диспергирования оловянных электродов под действием переменного импульсного тока является образование диоксида олова типичной тетрагональной структуры (пространственная группа P42/mnm (по. 136)) (рис. 2, а) с размером частиц порядка 15 нм (рис. 2, б).

Для рентгенограммы Pt/ SnO_2 -С катализатора (рис. 2, в) характерно наличие ярко выраженных рефлексов платины. Интенсивность пиков SnO_2 при этом значительно ниже. Размер наночастиц платины в полученном катализаторе порядка 10 нм (рис. 2, г).

Как известно, диоксид олова является сокатализатором платины в реакции электрохимического окисления этанола [2]. На рис. 3, а, показана ЦВА Pt/ SnO_2 -С катализатора, полученного методом электрохимического диспергирования в сравнении с Pt/С катализатором. Установлено, что введение диоксида олова в состав платинового катализатора не приводит к общему увеличению скорости окисления этанола, однако потенциал начала окисления этанола на Pt/ SnO_2 -С катализаторе сдвинут в катодную область потенциалов почти на 200 мВ, что свидетельствует о значительном снижении перенапряжения реакции окисления этанола.

Способность внедрения лития в SnO_2 материал определяет его пригодность в качестве электродного материала литий-ионного аккумулятора. На рис. 3, б, представлены ЦВА SnO_2 в 1M LiPF_6 , на анодном ходе которых видны пики, характерные для образования различных фаз сплавов, таких как Li_7Sn_2 , Li_3Sn_3 , $\text{Li}_{13}\text{Sn}_5$ и $\text{Li}_{22}\text{Sn}_5$ [20], что свидетельствует о возможности применения полученного методом электрохимического диспергирования SnO_2 в качестве анодного материала ЛИА.

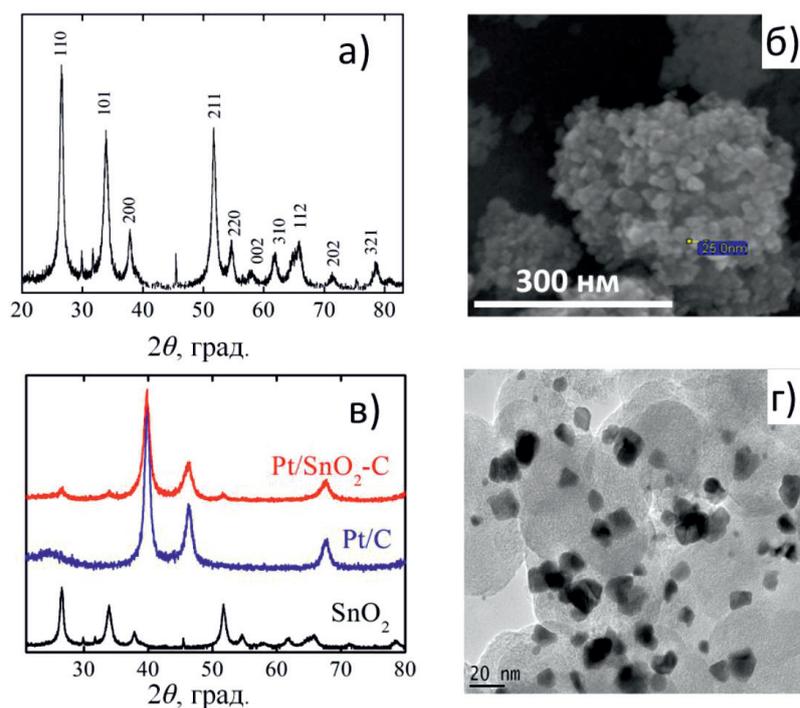


Рис. 2. Рентгенограммы синтезированного SnO_2 (а) и $\text{Pt/SnO}_2\text{-C}$ катализатора (в), СЭМ-изображение дисперсного SnO_2 (б) и ПЭМ-изображение $\text{Pt/SnO}_2\text{-C}$ катализатора (г)

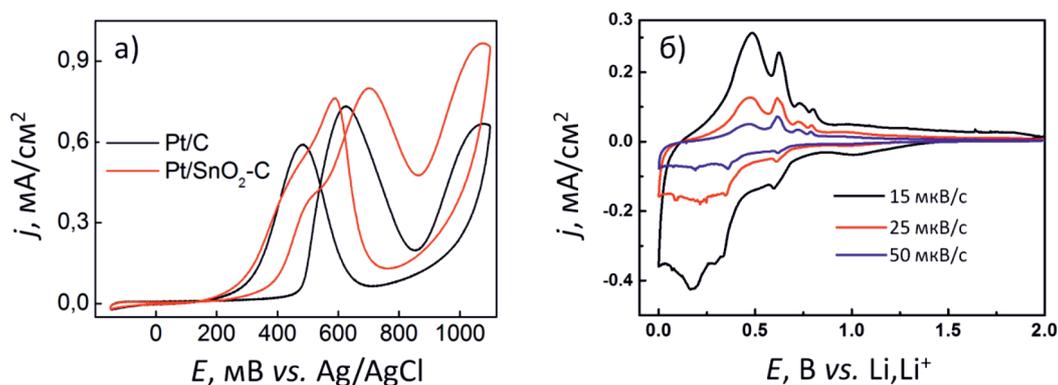


Рис. 3. ЦВА Pt/C и $\text{Pt/SnO}_2\text{-C}$ катализаторов в $0,5 \text{ M H}_2\text{SO}_4 + 0,5 \text{ M C}_2\text{H}_5\text{OH}$, скорость развертки потенциала 5 мВ/с (а); ЦВА SnO_2 материала в 1 M LiPF_6 при различной скорости развертки потенциала (б)

Заключение

Таким образом, электрохимическое окисление и диспергирование оловянных электродов под действием переменного импульсного тока позволяет получать кристаллический диоксид олова, который проявляет хорошие электрокаталитические свойства и способность к интеркаляции лития, что делает его перспективным электродным материалом для твердополимерных

топливных элементов и литий-ионных аккумуляторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 14-23-00078).

Исследования выполнены с использованием лабораторного оборудования Центра коллективного пользования «Нанотехнологии» Южно-Российского государственного политехнического университета имени М.И. Платова.

Список литературы

1. Wang H., Rogach A.L. Hierarchical SnO₂ Nanostructures: Recent Advances in Design, Synthesis, and Applications // *Chemistry of Materials*. – 2014. – vol. 26. – P. 123–133.
2. Jiang L., Sun G., Zhou Z., Sun S., Wang Q., Yan S., Li H., J. Tian, J. Guo, B. Zhou, Q. Xin Size-Controllable Synthesis of Monodispersed SnO₂ Nanoparticles and Application in Electrocatalysts // *The Journal of Physical Chemistry B*. – 2005. – vol. 109. – P. 8774–8778.
3. Zhao Q., Ma L., Zhang Q., C. Wang, X. Xu SnO₂-Based Nanomaterials: Synthesis and Application in Lithium-Ion Batteries and Supercapacitors // *Journal of Nanomaterials*. – 2015. – vol. 2015. – P. 15.
4. Aziz M., Saber Abbas S., Wan Baharom W.R. Size-controlled synthesis of SnO₂ nanoparticles by sol-gel method // *Materials Letters*. – 2013. – vol. 91. – P. 31–34.
5. Kose H., Aydin A.O., Akbulut H. Sol-gel preparation and electrochemical characterization of SnO₂/MWCNTs anode materials for Li-ion batteries // *Applied Surface Science*. – 2013. – vol. 275. – P. 160–167.
6. Zhao K., Du G., Qin G., Liu Y., Zhao H. Facile synthesis of boscage-like SnO₂ nanorods by hydrothermal method // *Materials Letters*. – 2015. – vol. 141. – P. 351–354.
7. Kamali A.R., Fray D.J. Solid phase growth of tin oxide nanostructures // *Materials Science and Engineering: B*. – 2012. – vol. 177. – P. 819–825.
8. Zhang J.B., Li X.N., Bai S.L., Luo R.X., Chen A.F., Lin Y. High-yield synthesis of SnO₂ nanobelts by water-assisted chemical vapor deposition for sensor applications // *Mater. Res. Bull.* – 2012. – vol. 47. – P. 3277–3282.
9. Rajendran V., Anandan K. Size, morphology and optical properties of SnO₂ nanoparticles synthesized by facile surfactant-assisted solvothermal processing // *Materials Science in Semiconductor Processing*. – 2012. – vol. 15. – P. 393–400.
10. Chen W., Ghosh D., Chen S. Large-scale electrochemical synthesis of SnO₂ nanoparticles // *Journal of Materials Science*. – 2008. – vol. 43. – P. 5291–5299.
11. Yanson A.I., Rodriguez P., Garcia-Araez N., Mom R.V., Tichelaar F.D., M.T.M. Koper Cathodic Corrosion: A Quick, Clean, and Versatile Method for the Synthesis of Metallic Nanoparticles // *Angewandte Chemie International Edition*. – 2011. – vol. 50. – P. 6346–6350.
12. B.N. Kabanov Incorporation of alkali metals into solid cathodes // *Electrochimica Acta*. – 1968. – vol. 13. – P. 19–25.
13. Смирнова Н.В., Куриганова А.Б., Леонтьева Д.В., Новикова К.С., Ерошенко В.Д., Кубанова М.С., Бринк И.Ю. Нестационарный электролиз: перспективы получения высокодисперсных материалов // *Современные проблемы науки и образования*. – 2012. – № 6.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7525> (дата обращения: 21.11.2017).
14. Leontyev I., Kuriganova A., Kudryavtsev Y., Dkhil B., Smirnova N. New life of a forgotten method: Electrochemical route toward highly efficient Pt/C catalysts for low-temperature fuel cells // *Applied Catalysis A: General*. – 2012. – vol. 431–432. – P. 120–125.
15. Novikova K., Kuriganova A., Leontyev I., Gerasimova E., Maslova O., Rakhmatullin A., Smirnova N., Dobrovolsky Y. Influence of Carbon Support on Catalytic Layer Performance of Proton Exchange Membrane Fuel Cells. – *Electrocatalysis*, 2017.
16. Diaz R., Diez-Perez I., Gorostiza P., Sanz F., Morante J.R. An electrochemical study of tin oxide thin film in borate buffer solutions // *Journal of the Brazilian Chemical Society*. – 2003. – vol. 14. – P. 523–529.
17. Alvarez P.E., Ribotta S.B., Folquer M.E., Gervasi C.A., Vilche J.R. Potentiodynamic behaviour of tin in different buffer solutions // *Corrosion Science*. – 2002. – vol. 44. – P. 49–65.
18. Begum S.N., Basha A., Muralidharan V.S., Lee C.W. Electrochemical behaviour of tin in alkali solutions containing halides // *Materials Chemistry and Physics*. – 2012. – vol. 132. – P. 1048–1052.
19. Morgan D. Tench, Anderson D.P., Kim P. Solderability assessment via sequential electrochemical reduction analysis // *Journal of Applied Electrochemistry*. – 1994. – vol. 24. – P. 18–29.
20. Hu R., Liu H., M. Zeng, J. Liu, M. Zhu Progress on Sn-based thin-film anode materials for lithium-ion batteries // *Chinese Science Bulletin*. – 2012. – vol. 57. – P. 4119–4130.

УДК 691.327.332

К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Шарапов О.Н., Полякова В.В., Бабухин Д.А., Рудакова Д.С.

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»,
Белгород, e-mail: y31rus@mail.ru

Перспектива развития строительной отрасли зачастую сводится к применению энергоэффективных материалов и изделий. Основную задачу энергоэффективности здания можно обозначить в сохранении тепла и снижении энергозатрат на отопление жилых помещений. В связи с этим предпринимаются различные исследования в области изменения тепловых параметров ограждающих конструкций. Одним из них является применение теплоизоляционных материалов на основе отходов строительной отрасли. Проведены лабораторные исследования по созданию теплоизоляционного материала на основе гипсового вяжущего для использования в качестве внутреннего утепления наружных стен. В лабораторных условиях проведено формование четырех видов образцов с применением в качестве мелкого заполнителя таких материалов как: щебень мелкой фракции, гранулы пенополистирола, деревянные опилки и обломки газосиликата мелкой фракции. Проведены испытания образцов исходя из результатов, полученных при исследованиях на приборе ИТП МГ – 4 250. Проведен сравнительный анализ образцов с опорой на показания лабораторных исследований и произведенного теплотехнического расчета. Представлены результаты по каждому образцу, и вся информация сведена в единый вывод по данному научному исследованию.

Ключевые слова: строительные отходы, внутреннее утепление, энергоэффективность, многослойные ограждающие конструкции

ON THE PROBLEM OF ALTERING THE ENCLOSING STRUCTURES' THERMAL CHARACTERISTICS BY USING BUILDING INDUSTRY WASTE

Sharapov O.N., Polyakova V.V., Babukhin D.A., Rudakova D.S.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, e-mail: y31rus@mail.ru

The prospects for construction industry development often come down to using the energy-efficient materials and products. The primary goal of a building's energy efficiency can be described as heat conservation and reducing energy costs for domestic space heating. In this regard various researches are carried out in the sphere of altering the thermal characteristics of enclosing structures. One of the trends of research is using heat insulating materials on the base of building industry waste. The laboratory study concerning the designing of a heat insulating material on the base of a gypsum binder for the indoor insulation of outer walls has been carried out. Four types of samples have been formed under laboratory conditions, using the following materials as a fine aggregate: fine-fraction breakstone, foam polystyrene pellets, wood dust and fine-fraction gas silicate rubble. The samples have been tested based on the results, obtained at the study with the ITP MG – 4 250 device. The comparative analysis of the samples on the basis of the laboratory research data and the thermotechnical calculations has been done. The findings for each sample are presented and the overall information is reduced to the conclusion of this scientific research.

Keywords: construction waste, indoor insulation, energy efficiency, multilayered enclosing structures

На протяжении последнего десятилетия произошли большие изменения в строительной индустрии. Были введены дополнительные требования к качеству теплоизоляционных материалов. Согласно Федеральному закону 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...» требования к теплоизоляционным материалам ужесточились, что привело к ограничению параметров ограждающих конструкций по теплопроводности на основании СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», по которому многие здания не соответствуют теплотехническим параметрам.

Актуальность темы обусловлена необходимостью применения современных отделочных материалов с повышенными теплоизоляционными и декоративными функциями.

Цели научной работы:

1. Выяснить взаимосвязи и теплотехнические параметры в различных видах декоративных, отделочных и теплоизоляционно-декоративных системах.

2. Рассчитать возможность применения данных систем в отделке внутреннего помещения.

3. Проверить соответствие теплотехнических параметров ограждающей конструкции с применением данных видов систем.

Задачи:

1. Произвести формование образцов (размером 10*10*2) из 4 различных видов теплоизоляционных материалов (на гипсовом вяжущем).

2. Произвести расчет коэффициента теплопроводности и сопротивлению теплоотдачи (с использованием прибора ИТП МГ-4 250).

3. Произвести расчет многослойной конструкции после использования данных систем.

4. Выяснить закономерность в изменениях теплотехнических параметров при применении различных видах теплотехнических систем.

В ходе работы было произведено формирование образцов из следующих материалов: щебень и пенопласт на основе гипсового вяжущего. В первом составе был использован самый нетеплопроводный материал – щебень мелкой фракции (1,25–5). Данный материал был взят в массовом соотношении к гипсовому вяжущему как 1:1 (50% – щебня и 50% – гипса).

После формирования данного образца теплоизоляционного материала было проведено испытание на приборе ИТП МГ-4 250 на теплопроводность данного материала. Данное испытание показало, что при $T_x = 15^\circ\text{C}$, $T_n = 40^\circ\text{C}$ и $H = 20$ мм коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,084$ Вт/м*К, а сопротивление теплопроводности $R = 0,232$ м²*К/Вт [1].

После испытания теплоизоляционного материалы мы проверяем стену на способность сохранять тепло внутри помещения на примере конструкции, приведенной на рис. 1.

Исходные данные строительной климатологии на территории Белгородской области представлены в таблице [2].

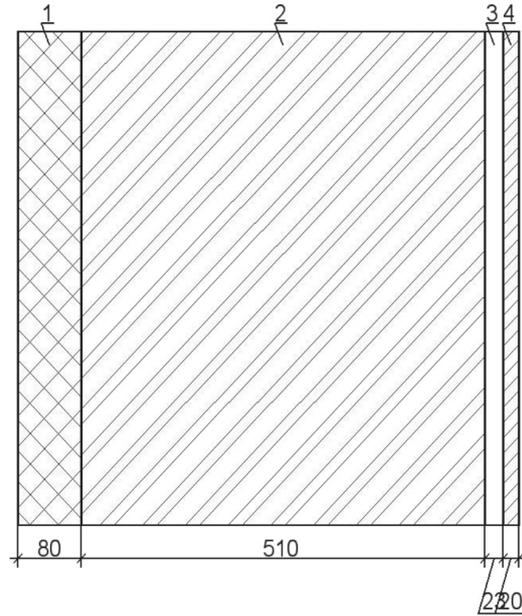


Рис. 1. Схема ограждающей конструкции

1. Изовол $\delta = 0,08$ м, $\lambda = 0,039$ Вт/(м*°C).
2. Кирпичная кладка на цементно-песчаном растворе, $\delta = 0,51$ м, $\lambda = 0,7$ Вт/(м*°C).
3. Воздушная прослойка, $\delta = 0,023$ м, $\lambda = 0,16$ Вт/(м*°C).
4. Образец гипсокартона $\delta = 0,02$ м, $\lambda_{\text{гипс}} = 0,079$ Вт/(м*°C), $\lambda_{\text{гипс}} = 0,084$ Вт/(м*°C) [3].

Строительная климатология Белгородской области

Наименование	Относительная влажность воздуха $\varphi_p, \%$	Расчетная средняя температура внутреннего воздуха $t_p, ^\circ\text{C}$	Средняя температура наружного воздуха $t_{\text{вр}}, ^\circ\text{C}$	Продолжительность отопительного периода Z_o , сут.	Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций $\alpha_{\text{инт}}, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{C})$	Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающих конструкций для условий холодного периода $\alpha_{\text{экт}}, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{C})$	Коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции, учитывающий влияние стыков, откосов проемов и т.д. г	Средняя месячная температура наиболее холодного месяца в году $t_{\text{тр}}, ^\circ\text{C}$	Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца $\varphi_{\text{тр}}, \%$	Климат
Значение	55	20	-1,9	191	8,7	23	0,92	-8,5	84	сухой

Первым действием расчета является определение требуемого показателя разницы температур внутреннего и наружного воздуха, определяемого за отопительный период ГСОП, °С·сут:

$$\text{ГСОП} = (t_{в} - t_{от}) \times z_{от},$$

$$\text{ГСОП} = (20 - (-1,9)) \times 191 = 4182,9 \text{ °С} \cdot \text{сут}.$$

После определения ГСОП мы рассчитаем нормируемое сопротивление теплопередаче для Белгородской области $R_0(\text{н})$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт}$):

$$R_0(\text{н}) = a \times \text{ГСОП} + b,$$

$$R_0(\text{н}) = 0,00035 \times 4182,9 + 1,4 = 2,86 \text{ м}^2 \text{ °С}/\text{Вт}.$$

Условное сопротивление теплоотдачи $R_0(\text{усл})$, ($\text{м}^2 \text{ °С}/\text{Вт}$) рассчитаем по формуле

$$R_0(\text{усл}) = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_{\text{n}}}{\lambda_{\text{n}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}},$$

$$R_0(\text{усл}) = \frac{1}{8,7} + \frac{0,08}{0,039} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,023}{0,16} + \frac{0,02}{0,084} + \frac{1}{23} = 3,32 \text{ м}^2 \text{ °С}/\text{Вт}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче $R_0(\text{пр})$, ($\text{м}^2 \text{ °С}/\text{Вт}$) [4]:

$$R_0(\text{пр}) = R_0(\text{усл}) \times r,$$

Для учета стыков, обрамляющих проемов, откосов учитывается коэффициент r , равный 0,92 [5].

$$R_0(\text{пр}) = 3,32 \times 0,92 = 3,05 \text{ м}^2 \text{ °С}/\text{Вт}.$$

Согласно СП 50.13330.2012 конструкция рассчитывается на паропроницаемость. Это проводится для выявления зон конденсации и определения сопротивлению паропроницаемости $R_{\text{п}}$, которое рассчитаем по формуле

$$R_{\text{п}} = \frac{0,08}{0,3} + \frac{0,51}{0,11} + \frac{0,02}{0,075} = 5,17 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг} [6].$$

Определение парциального давления водяного пара:

$$e_{\text{n}} = \left(\frac{84}{100} \right) \times 1,84 \times 10^{11} \times \exp \left(\frac{-5330}{(273 + (-8,5))} \right) = 274 \text{ Па}.$$

Температуры и максимальные давления водяного пара на границе слоев определяются в следующей последовательности: от внутренней к наружной поверхности. Для четырехслойной конструкции получим 5 значений давления и температуры [7]:

$$t_1 = 20 - (20 - (-8,5)) \times \left(\frac{(0,115 + 0,92)}{3,07} \right) = 19 \text{ °С},$$

$$e_{\text{в1}} = 1,84 \times 10^{11} \times \exp \left(\frac{-5330}{(273 + 19)} \right) = 2175 \text{ Па},$$

$$t_2 = 20 - (20 - (-8,5)) \times \left(\frac{(0,115 + 0,25)}{3,34} \right) = 16,9 \text{ °С},$$

$$e_{\text{в2}} = 1,84 \times 10^{11} \times \exp \left(\frac{-5330}{(273 + 16,9)} \right) = 1906 \text{ Па},$$

$$t_3 = 20 - (20 - (-8,5)) \times \left(\frac{(0,115 + 0,39)}{3,34} \right) = 15,7 \text{ °С},$$

$$e_{в3} = 1,84 \times 10^{11} \times \exp\left(\frac{-5330}{(273+15,7)}\right) = 1765 \text{ Па},$$

$$t_4 = 20 - (20 - (-8,5)) \times \left(\frac{(0,115+1,12)}{3,34}\right) = 9,5^\circ\text{C},$$

$$e_{в4} = 1,84 \times 10^{11} \times \exp\left(\frac{-5330}{(273+9,5)}\right) = 1177 \text{ Па},$$

$$t_5 = 20 - (20 - (-8,5)) \times \left(\frac{(0,115+3,17)}{3,34}\right) = -8^\circ\text{C},$$

$$e_{в5} = 1,84 \times 10^{11} \times \exp\left(\frac{-5330}{(273-8)}\right) = 339 \text{ Па [8]}.$$

По завершению расчета определим действительные парциальные давления e_i водяного пара на границах слоев:

$$e_i = e_{в} - (e_{в} - e_{н}) \times \sum R / R_n,$$

$$e_1 = 1286 \text{ Па}$$

$$e_2 = 1286 - (1286 - 274) \times 0,27/5,17 = 1233,1 \text{ Па},$$

$$e_3 = 1286 - (1286 - 274) \times 0,27/5,17 = 1233,1 \text{ Па},$$

$$e_4 = 1286 - (1286 - 274) \times 4,91/5,17 = 324,9 \text{ Па},$$

$$e_5 = 274 \text{ Па}.$$

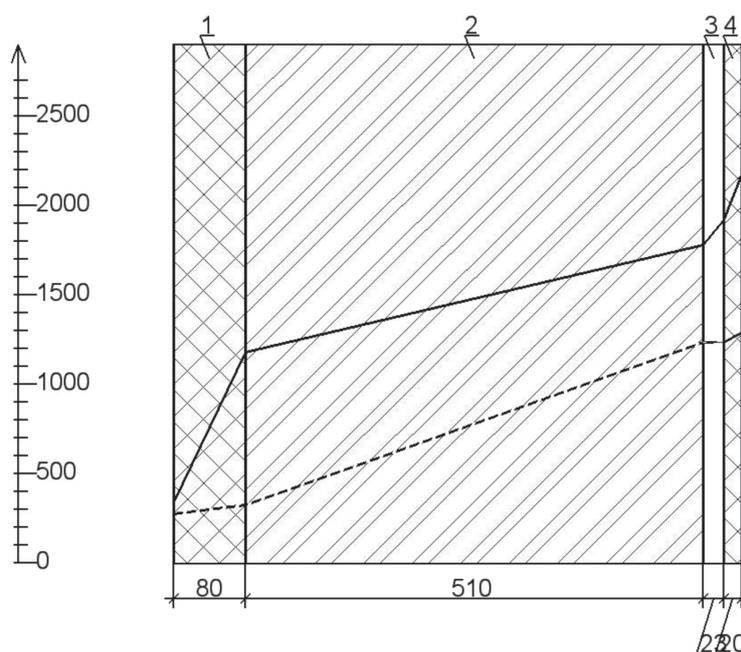


Рис. 2. Кривые распределения действительного и максимального парциального давления
 ----- кривая действительного парциального давления водяного пара
 ————— кривая максимального парциального давления водяного пара

Итог по первому образцу: согласно расчетам по сопротивлению теплоотдаче приведенное $R_0^{пр}$ больше нормируемого $R_0^{норм}$ ($3,05 > 2,86$), что говорит о соответствии ограждающей конструкции требованиям по теплопередаче. Показания расчета точки росы демонстрируют невозможность образования конденсата, так как кривые, отображенные на рис. 2, не пересекаются.

Во втором составе был использован пенополистирол. Данный материал был взят в соотношении по объему 1:1, по массе 97,7% гипса и 2,3% пенопласта.

После формования данного образца теплоизоляционного материала было проведено испытание на приборе ИТП МГ-4 250 на теплопроводность данного материала. Данное испытание показало, что при $T_x = 15^\circ\text{C}$, $T_n = 40^\circ\text{C}$ и $H = 20$ мм коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,079$ Вт/м*К, а сопротивление теплопроводности $R = 0,291$ м²*К/Вт.

После испытания теплоизоляционного материала мы проверяем стену на теплопроводность [9].

Условное сопротивление теплоотдачи R_0 (усл), (м²*°C/Вт) рассчитаем по формуле

$$R_0(\text{усл}) = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta n}{\lambda n} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}},$$

$$R_0(\text{усл}) = \frac{1}{8,7} + \frac{0,08}{0,039} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,023}{0,16} + \frac{0,02}{0,079} + \frac{1}{23} = 3,34 \text{ м}^2\text{°C/Вт}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 (пр), (м²*°C/Вт):

$$R_0(\text{пр}) = R_0(\text{усл}) \times r,$$

$$R_0(\text{пр}) = 3,32 \times 0,92 = 3,07 \text{ м}^2\text{°C/Вт}.$$

Согласно СП 50.13330.2012 конструкция рассчитывается на паропроницаемость. Это проводится для выявления зон конденсации и определения сопротивлению паропроницаемости R_n , которое рассчитаем по формуле

$$R_n = \frac{0,08}{0,3} + \frac{0,51}{0,11} + \frac{0,02}{0,075} = 5,17 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}.$$

Определение парциального давления водяного пара [10]:

$$e_n = \left(\frac{84}{100} \right) \times 1,84 \times 10^{11} \times \exp \left(\frac{-5330}{(273 + (-8,5))} \right) = 274 \text{ Па}.$$

Температуры и максимальные давления водяного пара на границе слоев определяются в следующей последовательности: от внутренней к наружной поверхности. Для четырехслойной конструкции получим 5 значений давления и температуры:

$$t_1 = 20 - (20 - (-8,5)) \times \left(\frac{(0,115 + 0,92)}{3,07} \right) = 19^\circ\text{C},$$

$$e_{n1} = 1,84 \times 10^{11} \times \exp \left(\frac{-5330}{(273 + 19)} \right) = 2175 \text{ Па},$$

$$t_2 = 20 - (20 - (-8,5)) \times \left(\frac{(0,115 + 0,24)}{3,32} \right) = 17^\circ\text{C},$$

$$e_{n2} = 1,84 \times 10^{11} \times \exp \left(\frac{-5330}{(273 + 17)} \right) = 1918 \text{ Па},$$

$$t_3 = 20 - (20 - (-8,5)) \times \left(\frac{(0,115 + 0,38)}{3,32} \right) = 15,8^\circ\text{C},$$

$$e_{в3} = 1,84 \times 10^{11} \times \exp\left(\frac{-5330}{(273+15,7)}\right) = 1777 \text{ Па},$$

$$t_4 = 20 - (20 - (-8,5)) \times \left(\frac{(0,115+1,11)}{3,32}\right) = 9,5^\circ\text{C},$$

$$e_{в4} = 1,84 \times 10^{11} \times \exp\left(\frac{-5330}{(273+9,5)}\right) = 1177 \text{ Па},$$

$$t_5 = 20 - (20 - (-8,5)) \times \left(\frac{(0,115+3,16)}{3,32}\right) = -8,1^\circ\text{C},$$

$$e_{в5} = 1,84 \times 10^{11} \times \exp\left(\frac{-5330}{(273-8,1)}\right) = 336 \text{ Па}.$$

По завершению расчета определим действительные парциальные давления e_i водяного пара на границах слоев [11]:

$$e_i = e_v - (e_v - e_n) \times \sum R/R_n,$$

$$e_1 = 1286 \text{ Па},$$

$$e_2 = 1286 - (1286 - 274) \times 0,27/5,17 = 1233,1 \text{ Па},$$

$$e_3 = 1286 - (1286 - 274) \times 0,27/5,17 = 1233,1 \text{ Па},$$

$$e_4 = 1286 - (1286 - 274) \times 4,91/5,17 = 324,9 \text{ Па},$$

$$e_5 = 274 \text{ Па}.$$

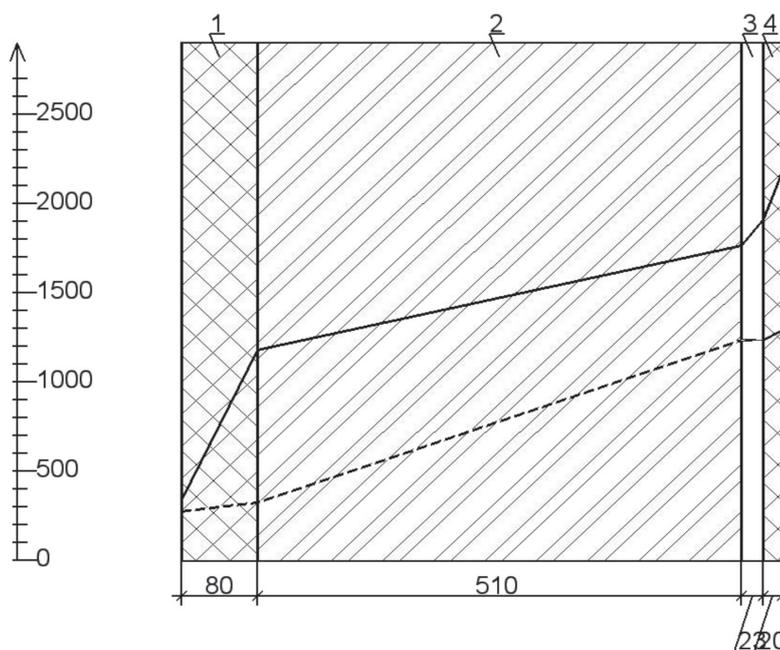


Рис. 3. Кривые распределения действительного и максимального парциального давления
 ----- распределение действительного парциального давления водяного пара e
 ————— распределение максимального парциального давления водяного пара E

Итог по второму образцу: согласно расчетам по сопротивлению теплоотдаче приведенное $R_{0}^{пр}$ больше нормируемого $R_{0}^{норм}$ ($3,07 > 2,86$), что говорит о соответствии ограждающей конструкции требованиям по теплопередаче. Показания расчета точки Росы демонстрируют невозможность образования конденсата, так как кривые, отображенные на рис. 3, не пересекаются.

Вывод: в ходе испытаний образцов мы определили, что образец на основе гипсового вяжущего с использованием в качестве заполнителя гранул пенопласта по теплотехническому расчету проявил лучшие показатели, чем образец на основе гипсового вяжущего с использованием в качестве заполнителя щебня мелкой фракции. Обратив внимание на теплопроводность данных материалов, можно прийти к выводу о том, что, используя в качестве заполнителя материала с большим показателем λ можно достичь большей теплопроводности плит утеплителя на основе гипсового вяжущего.

Список литературы

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. – М., 2012. – 100 с.
2. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. – М., 2012. – 113 с.
3. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – М., 2004. – 141 с.
4. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. – М., 2012. – 78 с.
5. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М., 2013. – 67 с.
6. СП 54.13330.2011. Здания жилые многоквартирные. – М., 2011. – 40 с.
7. Косухин М.М. Отделочные и изоляционные материалы в городском строительстве и коммунальном хозяйстве: лабораторный практикум: учебное пособие / М.М. Косухин, О.Н. Шарапов // 2-е изд., перераб. и доп. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 492 с.
8. Шарапов О.Н. Методы реконструкции кровель с применением минераловатных утеплителей / С.В. Кулигина, О.Н. Шарапов // Сборник докладов X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 4 т. – ООО «Ассистент плюс», 2017. – 129 с.
9. Барabanщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия: учебное пособие / Ю.Г. Барabanщиков. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2010. – 367 с.
10. Бобров Ю.Л. Теплоизоляционные материалы и конструкции / Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. // Учебник для средних профессионально-технических учебных заведений. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 268 с.
11. Кафтаева М.В. Повышение энергоэффективности в образовательных учреждениях / К.В. Кафтаева, О.Н. Шарапов, М.А. Шугаева, Д.Ю. Долженков // Сборник научных докладов № 17: Материалы XVII-ой ежегодной научно-практической конференции. – Белгород: Копировально-множительное бюро СКФ БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. – 14 с.

УДК 519.6:004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШТОРМОВОГО НАГОНА В МЕЛКОВОДНОМ ВОДОЕМЕ НА ОСНОВЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ 3D МОДЕЛЕЙ ГИДРОДИНАМИКИ

¹Шишениа А.В., ²Сухинов А.И., ³Кузнецова И.Ю.

¹ООО «CVisionLab», Таганрог, e-mail: shishenya.alexander@yandex.ru;

²Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, e-mail: sukhinov@gmail.com;

³Институт компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета, Таганрог, e-mail: ikuznecova@sfnedu.ru

Статья посвящена построению и программной реализации математической модели гидродинамики мелководных водоемов со свободной поверхностью и динамически изменяющейся областью расчета. Полученный в результате комплекс программ позволяет выполнять предсказательное моделирование неблагоприятных явлений в ускоренном масштабе времени с целью принятия мер по оповещению и защите населения и береговой инфраструктуры. Разработанная математическая модель мелководной гидродинамики основана на трехмерной системе уравнений Навье – Стокса, дополнена уточненными граничными условиями и новой моделью движения свободной поверхности, позволяющей быстро динамически перестраивать область расчета. Для аппроксимации операторов производных по пространственным переменным применен модифицированный интегро-интерполяционный метод, позволяющий учитывать частичную заполненность ячеек расчетной сетки. Применение перечисленных приемов позволило повысить точность результатов моделирования и учитывать движение свободной поверхности и изменение береговой линии, связанные со сгонно-нагонными явлениями. Постановка уточненных граничных условий имеет особое значение при моделировании процессов, происходящих в мелководных водоемах, из-за близкого расположения горизонтальных границ, что оказывает значительное влияние на скорости и давление водной среды внутри расчетной области.

Ключевые слова: гидродинамика, свободная поверхность, мелководные водоемы

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL FOR SURGE PHENOMENON USING PRECISE 3D MODELS OF HYDRODYNAMICS

¹Shishenya A.V., ²Sukhinov A.I., ³Kuznetsova I.Yu.

¹CVisionLab LLC, Taganrog, e-mail: shishenya.alexander@yandex.ru;

²Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: sukhinov@gmail.com;

³Institute of Computer Technology and Information Security, Southern Federal University, Taganrog, e-mail: ikuznecova@sfnedu.ru

The paper is dedicated to the creating and software implementation of mathematical model for shallow water hydrodynamics and with free surface and dynamically evolving computational domain. Created software package allows for performing predictive modeling of adversarial phenomena in accelerated-time for taking actions, informing and protecting humans and coastal infrastructure. Developed mathematical model of shallow hydrodynamics is based on spatial here-dimensional system of Navier-Stokes equations, supplied with improved boundary conditions and new model for free surface modeling allowing fast rebuilding of the computational domain. Spatial approximation of the convection and diffusion operators is performed with the improved integro-interpolation method which takes into account partial fullness of the computational cells. Using of the aforementioned means allowed for improving precision of the results of modeling as well as accounting motion of the free surface and coastal line change due to the surge phenomena. Improved boundary conditions especially important for the for modeling shallow water basins since in this case close location of horizontal boundaries greatly influences pressure and velocity fields obtained during modeling.

Keywords: hydrodynamics, free surface, shallow water

В современном мире водные ресурсы представляют высокую ценность и испытывают значительное антропогенное воздействие [1]. С другой стороны, водоемы являются объектами повышенной опасности, так как могут являться источником таких опасных явлений, как наводнения. В условиях быстро развивающегося опасного явления необходимо уметь оперативно прогнозировать возможные сценарии развития событий и принимать на их основе упреждающие решения, что позволит спасти человеческие жизни и сократить материальный ущерб. Таким образом, система

мониторинга и прогнозирования гидродинамики мелководного водоема является важным компонентом системы безопасности в прибрежных регионах [2].

Одной из отличительных особенностей мелководного водоема можно назвать близкое расположение горизонтальных границ, в связи с этим неточности аппроксимации границы вносят больший вклад в итоговый результат моделирования, нежели при работе с глубоководными водоемами. По этой причине ставится задача построения математической модели гидродинамики мелководного водоема с уточненными гра-

ничными условиями для прогнозирования затопления прибрежных районов [3].

Формулировка непрерывной модели

В модель входят [4]:

Уравнения движения Навье – Стокса в векторном виде:

$$\begin{aligned} (\rho v)'_t + \operatorname{div}(\rho v \otimes v) = \\ = -\operatorname{grad} P + \operatorname{div}(\eta \operatorname{grad} v) + \rho f, \end{aligned} \quad (1)$$

уравнение неразрывности:

$$\rho'_t + \operatorname{div}(\rho v) = 0, \quad (2)$$

уравнение, описывающее эволюцию функции заполненности:

$$q'_t + (\operatorname{grad} q)^T \times v = |\operatorname{grad} q| \times \omega, \quad (3)$$

где ρ – функция плотности жидкости, v – вектор скорости движения среды, η – тензор динамической вязкости, μ – тензор кинематической вязкости, P – давление, $f = \kappa + g$ – источник, где g – вектор ускорения свободного падения, а κ – сила Кориолиса, q – функция заполненности, ω – скорость испарения жидкости.

$$|n| \cdot \frac{\partial P}{\partial n_\gamma} = -\operatorname{div}(\rho v \cdot v^T) \cdot n + \operatorname{div}(\eta \operatorname{grad} v) \cdot n + \rho f \cdot n. \quad (5)$$

Если в начальный момент времени выполняется условие (4), то условие (5) гарантирует выполнение (4) в любой другой момент времени.

В качестве граничного условия для скорости примем условие скольжения с трением:

$$(\eta \operatorname{grad} v) \cdot n_\gamma^0 = -\tau, \quad (6)$$

где τ – тензор касательных напряжений, вызванных трением сплошной среды о границу области.

Граничное условие для давления на поверхности жидкости (свободной подвижной границе π) часто берется в виде равенства давления на поверхности жидкости атмосферному:

$$P_\pi = P_a. \quad (7)$$

В качестве недостатка такого вида граничного условия стоит отметить, что при расчете давления предполагается точное знание формы свободной поверхности.

Сформулируем другой вариант граничного условия для свободной поверхности, скалярно умножив уравнение (1) на нормаль к поверхности с преобразованием производной по времени:

$$|n| \cdot \frac{\partial P}{\partial n_\gamma} = -(\rho v \cdot n)'_t + \rho v \cdot n'_t - \operatorname{div}(\rho v \cdot v^T) \cdot n + \operatorname{div}(\eta \operatorname{grad} v) \cdot n + \rho f \cdot n.$$

Учитывая, что $n = -\operatorname{grad} q$ и уравнение (3):

$$|n| \cdot \frac{\partial P}{\partial n_\gamma} = -(\rho q'_t)'_t + (\rho |n| \omega)'_t + \rho v \cdot n'_t - \operatorname{div}(\rho v \cdot v^T) \cdot n + \operatorname{div}(\eta \operatorname{grad} v) \cdot n + \rho f \cdot n. \quad (8)$$

Форму свободной поверхности будем искать, используя условие (7) и функцию заполненности:

$$q = \eta(P - P_a), \quad (9)$$

при этом на характер течения накладывается ограничение вида $v'_t \ll g$, где g – ускорение свободного падения.

Постановка граничных условий

Граничные условия должны согласовываться с уравнением модели и, таким образом, учитывать физику протекающего процесса, а также учитывать физические свойства самой границы [5].

Пусть граница расчетной области представима в виде

$$\partial\Omega = \gamma \cup \pi \cup \varepsilon \cup \vartheta,$$

где γ – твердая непроницаемая неподвижная граница (дно водоема), π – свободная подвижная граница (свободная поверхность), ε – фиксированный вход (сечения русел втекающих рек), ϑ – свободный выход.

Отсутствие потока жидкости через непроницаемую границу γ запишем в виде

$$v \cdot n_\gamma = 0, \quad (4)$$

где n_γ – нормаль к данной границе. Чтобы получить граничное условие, удовлетворяющее (4), запишем уравнение (1) на границе области и умножим его на нормаль к этой границе. После преобразования получим граничное условие для давления:

Таким образом, условия (7)–(8) будут выполняться для свободной поверхности.

Можно показать, что если в начальный момент времени выполняется уравнение (3), то граничное условие (8) гарантирует выполнение уравнения (3) в произвольный момент времени.

Фиксированный поток ε не зависит от установившегося в расчетной области гидрологического режима.

$$|n| \cdot \frac{\partial P}{\partial n_\varepsilon} = -(\rho v)'_i \cdot n - \operatorname{div}(\rho v \cdot v^T) \cdot n + \operatorname{div}(\eta \operatorname{grad} v) \cdot n + \rho f \cdot n.$$

Учитывая (10), получим граничное условие для давления:

$$|n| \cdot \frac{\partial P}{\partial n_\varepsilon} = -(\rho v_i |n|)'_i + \rho v \cdot n'_i - \operatorname{div}(\rho v \cdot v^T) \cdot n + \operatorname{div}(\eta \operatorname{grad} v) \cdot n + \rho f \cdot n. \quad (12)$$

Граничное условие (12) можно использовать для описания движущейся стенки, например, из-за осаждения взвешенных частиц в жидкости, при этом v_i – нормальная составляющая скорости движения границы. Если граница неподвижна, то $n'_i = 0$.

Если в нулевой момент времени справедливо (10), то условие (12) для системы уравнений гидродинамики гарантирует выполнение (10) в любой момент времени.

При построении граничного условия на границе «свободный выход» \mathcal{D} предположим, что значение скорости зависит от гидрологического режима водоема, то есть не является фиксированным, и трение отсутствует:

$$(\eta \cdot \operatorname{grad} v) \cdot n_\vartheta^0 = 0. \quad (13)$$

Структура течений во внешнем водоеме неизвестна, поэтому требуется построить приближенную модель для описания давления. Предположим, что на отдалении l от границы «свободный выход» во внешнем водоеме давление приближенно равно гидростатическому, а изменение давления при отдалении от границы можно считать линейным, плотность среды равна плотности вблизи границы. Учитывая эти предположения, производную вдоль нормали к границе можно записать в виде

$$\frac{\partial P}{\partial n_{x \in \vartheta}} = \frac{P_h(x + n^0 \cdot l) - P(x)}{l},$$

где P_h – гидростатическое давление, определяемое по формуле (ось Oz направлена в сторону ускорения свободного падения):

$$P_h = \int_{h_0}^z \rho g d\zeta.$$

Пусть на границе задано фиксированное значение скорости

$$n^0 \cdot v_\varepsilon = v_i(t) \quad (10)$$

и отсутствует трение о границу:

$$(\eta \operatorname{grad} v) \cdot n_\varepsilon^0 = 0. \quad (11)$$

Как и ранее, граничное условие для давления получим, спроецировав уравнения Навье – Стокса на нормаль к границе:

Тогда условие на границе приближенно запишется в виде

$$\frac{\partial P}{\partial n_\vartheta} = \frac{1}{l} \int_z^{z+n_\vartheta^0 \cdot l} \rho g d\zeta + \frac{P_h - P}{l}. \quad (14)$$

Считая l достаточно малым, (14) можно приближенно переписать в виде

$$\frac{\partial P}{\partial n_\vartheta} = \rho g n_z^0 + \frac{P_h - P}{l}. \quad (15)$$

Тензор касательных напряжений τ определяется согласно закону Ван-Дорна:

$$\tau = V |V| \rho_c C(|V|), \quad (16)$$

где ρ_c – плотность среды, которая трется о жидкость, V – относительная скорость среды, $C(|V|)$ – безразмерный коэффициент.

В случае твердых границ области $\rho_c = \rho_v$, $V = -v$, где ρ_v – плотность взвеси. На поверхности $\rho_c = \rho_a$, $V = W - v$, где ρ_a – плотность атмосферы, W – скорость ветра.

Безразмерный коэффициент задается формулой

$$C(|V|) = \begin{cases} 0,0088, & |V| < 6,6 \frac{\text{М}}{\text{с}} \\ 0,0026, & |V| > 6,6 \frac{\text{М}}{\text{с}} \end{cases}.$$

Расщепление непрерывной модели по физическим процессам

При решении задачи гидродинамики (1)–(3) особой сложностью является нахождение поля давления, которое входит в уравнение (1), в то время как компоненты поля скоростей входят во все уравнения (1)–(3). Одним из способов решения данной проблемы является использование метода поправки к давлению [6, 7].

Поле скоростей ищем в два этапа. Рассмотрим вспомогательное поле скоростей \tilde{v} , которое может не удовлетворять уравнению неразрывности:

$$\frac{\rho^n \tilde{v}^n - \rho^n v^n}{h_i} + \operatorname{div}(\rho v^{n+\sigma} \cdot v^n) = \operatorname{div}(\eta \operatorname{grad} v^{n+\sigma}) + \rho f. \quad (17)$$

Требуемое поле скоростей v найдем из уравнения неразрывности, используя поле скоростей \tilde{v} и поле давления:

$$\frac{\rho^{n+1} v^{n+1} - \rho^n \tilde{v}^n}{h_i} = -\operatorname{grad} P^n. \quad (18)$$

Рассчитываем поле давления так, чтобы полученное поле скорости удовлетворяло уравнению неразрывности:

$$\tau \cdot \operatorname{div}(\operatorname{grad} P^n) = \rho^n + \operatorname{div}(\rho^n \tilde{v}^n). \quad (19)$$

Граничные условия строятся, исходя из физических свойств границы, уравнений (17) – (19), и согласуются с граничными условиями непрерывной модели.

Граничное условие для свободной границы примет вид

$$\left| n \right| \frac{\partial P}{\partial n} = \frac{\rho^n (\tilde{v}^n, n)}{h_i} - \frac{\rho^{n+1} q_i^n}{h_i}. \quad (20)$$

Граничное условие для непроницаемой границы получаем из (20), полагая границу области постоянной ($q \equiv \text{const}$).

Дискретизация уравнений модели

Аппроксимацию уравнений модели по времени проводим методом поправки к давлению. Для более точной аппроксимации границы дискретизация пространственных производных выполняется интегро-интерполяционным методом с учетом частичной заполненности ячеек расчетной сетки.

Аппроксимация конвективных и диффузионных слагаемых имеет вид:

$$\begin{aligned} \iiint_{\Omega_{i,j,k}} (\rho u \phi)'_x d\omega &\approx q_{i+1, j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} \frac{(\rho u \phi)_{i+1, j, k} - (\rho u \phi)_{i, j, k}}{2} h_y h_z + \\ &+ q_{i, j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} \frac{(\rho u \phi)_{i, j, k} - (\rho u \phi)_{i, -1, j, k}}{2} h_y h_z, \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \iiint_{\Omega_{i,j,k}} (\eta \phi'_x)'_x d\omega &\approx q_{i+1, j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} \eta_{i+\frac{1}{2}, j, k} \frac{\phi_{i+1, j, k} - \phi_{i, j, k}}{h_x} h_y h_z - \\ &- q_{i, j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} \eta_{i-\frac{1}{2}, j, k} \frac{\phi_{i, j, k} - \phi_{i-1, j, k}}{h_x} h_y h_z + \left(q_{i, j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} - q_{i+1, j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} \right) \eta_{i, j, k} \phi'_{xi, j, k} h_y h_z, \end{aligned} \quad (22)$$

где $\Omega_{i,j,k}$ – ячейка расчетной сетки.

Модель консервативна, дискретная модель имеет второй порядок погрешности аппроксимации по пространству во внутренних узлах и первый порядок в приграничных узлах. При использовании интегро-интерполяционного метода без учета частичной заполненности ячеек расчетной сетки в приграничных узлах получается нулевой порядок погрешности аппроксимации, то есть допускается константная ошибка. Условия устойчивости модели имеют вид

$$h_x < \frac{2\mu}{\rho |u|}, \quad h_x < \frac{2\mu}{\rho |v|}, \quad h_x < \frac{2\mu}{\rho |w|}, \quad h_t < \frac{h}{v}.$$

Численные эксперименты

Проверка правильности результатов, полученных в ходе программной реализации описанной выше дискретной модели, осуществлялась на модельных задачах:

1. Резервуар с фиксированным источником и свободным выходом.

При моделировании первой задачи в векторном поле скорости по обе стороны от основного потока наблюдается образование вихрей, что согласуется с физикой процесса. Кроме того, получено, что поток через непроницаемые границы области равен нулю и масса вытекающей жидкости равна массе вытекающей (с точностью 10^{-9}), что означает выполнение закона сохранения массы.

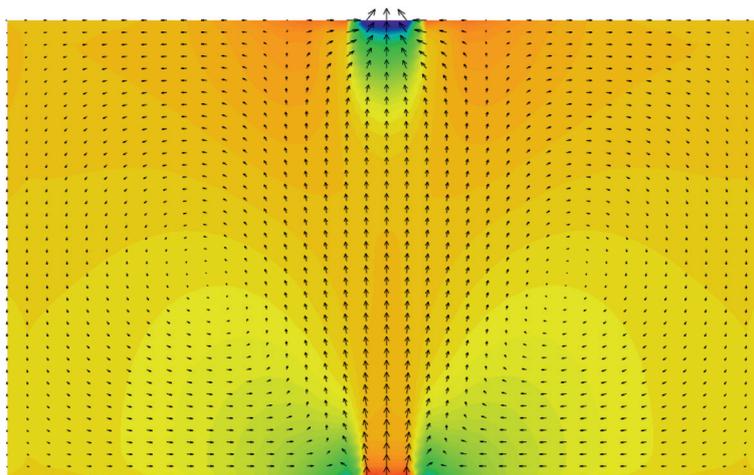
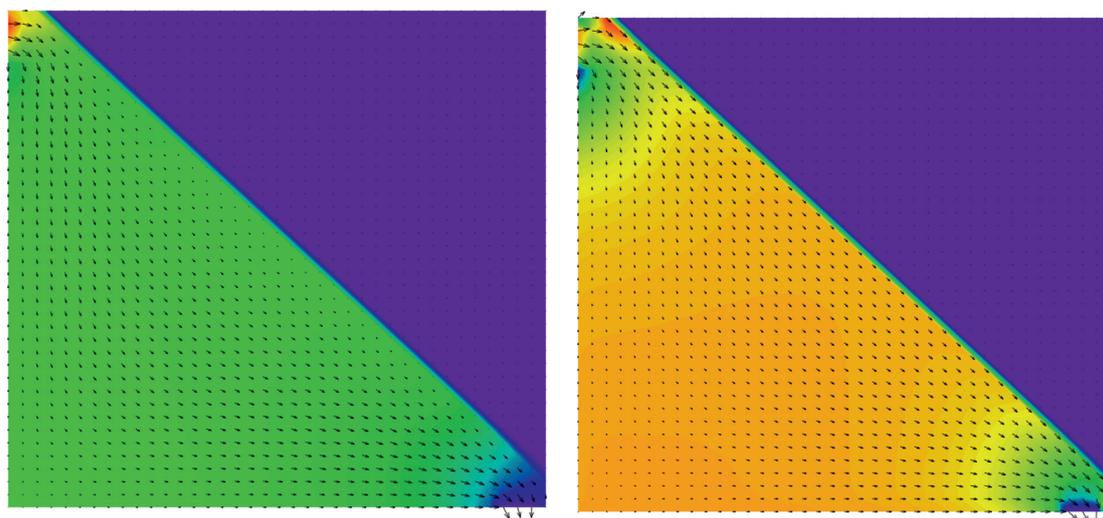


Рис. 1. Результаты моделирования течения жидкости в резервуаре с фиксированным источником и свободным выходом. Горизонтальное сечение. Векторное поле соответствует функции скорости, а поле давления показано цветом. Для наглядности вектора скорости были масштабированы



а) Моделирование без учета частичной заполненности ячеек расчетной сетки

б) Моделирование с учетом частичной заполненности ячеек расчетной сетки

Рис. 2. Результаты моделирования течения жидкости в скошенном резервуаре (векторное поле – поле скорости, цветом показано поле давления)

2. Течение в резервуаре со скошенной стенкой.

При моделировании второй задачи без учета частичной заполненности ячеек расчетной сетки скошенная стенка заменяется на ступенчатую, что приводит к падению скорости течения вдоль стенки (рис. 2, а). При моделировании течения в скошенном резервуаре с использованием метода конечных объемов с учетом частичной заполненности ячеек расчетной сетки (рис. 2, б) этого эффекта удастся избежать.

Проверка на модельных задачах не может полностью гарантировать правильность

построенной модели, но обеспечивает проверку соответствия получаемых результатов физике реально протекающего процесса.

Выводы

В работе построена математическая модель гидродинамики и сгонно-нагонных явлений в мелководных водоемах на основе пространственно-трехмерных уравнений Навье – Стокса с постановкой уточненных граничных условий. Уточненные граничные условия построены на основе исходных уравнений модели и физических ограничений, налагаемых свойствами гра-

ницы. Разработана модель описания движения свободной поверхности, не требующая решения уравнения переноса на каждом временном шаге. Для аппроксимации уравнения на пространственной сетке используется интегро-интерполяционный метод с частичной заполненностью ячеек расчетной сетки. Применение перечисленных методов позволило построить алгоритм моделирования гидродинамики мелководного водоема со свободной поверхностью и изменяемой береговой линией на основе статических регулярных сеток, а также добиться большей точности моделирования по сравнению с классическими методами расчета на регулярных сетках. Использование статических регулярных сеток позволяет избежать дополнительных временных расходов на перестроение сетки, повысить эффективность программной реализации, а также упростить параллельный алгоритм расчета модели.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ по проекту № 15-07-08408.

Список литературы

1. Матишов Г.Г., Григоренко К.С. Причины осолонения Таганрогского залива // Доклады Академии наук. – 2017. – Т. 477, № 1. – С. 92–96.
2. Чикин А.Л., Клещенков А.В., Чикина Л.Г., Коршун А.М. Сгонно-нагонные колебания уровня воды устьевой области Дона: численное моделирование и сценарии изменения // Наука юга России. – 2017. – Т. 13, № 3. – С. 39–49.
3. Леонтьев И.О. Прибрежная динамика: Волны, течения, потоки наносов. – М.: ГЕОС, 2001. – 272 с.
4. Сухинов А.И., Чистяков А.Е., Тимофеева Е.Ф., Шишня А.В. Математическая модель расчета прибрежных волновых процессов // Математическое моделирование. – 2012. – 24:8. – С. 32–44.
5. Шишня А.В., Сухинов А.И. Построение регуляризованной математической модели гидродинамики и сгонно-нагонных явлений в мелководных водоемах и её параллельная реализация на параллельной вычислительной системе с общей памятью // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 12 (161). – С. 219–230.
6. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / Пер. В.Д. Виленского. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
7. Марчук Г.И., Дымников В.П., Залесный В.Б. Математические модели в геофизической гидродинамике и численные методы их реализации. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1987. – 296 с.

УДК 339.97:338.1:330.55

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Алешина О.Г., Демченко С.К.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: olga24reg@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованию и оценке экономического роста России как основного показателя эффективности функционирования экономики. Исследование затрагивает временной период 2000–2017 гг., в рамках которого мы можем наблюдать несколько глубоких кризисов, рецессию, рост и стагнацию российской экономики. В статье дан анализ и оценка экономической ситуации в России за 1990–2017 гг., рассмотрены причины бурного экономического роста в 2000–2008 гг., а также основные факторы, ограничители этого роста на современном этапе. Обоснована и подчеркнута ключевая роль таких факторов, как рост цен на углеводороды, высокий потребительский спрос и приток иностранных инвестиций, в поддержании устойчивого роста экономики в краткосрочной перспективе. Представлены основные причины замедления экономического роста экономики на современном этапе и указаны возможные пути выхода из сложившейся ситуации.

Ключевые слова: экономический рост, ВВП, модель экономического роста, потребительский спрос, точки роста экономики, мультипликативный эффект

CURRENT TRENDS IN THE ECONOMIC GROWTH MODEL OF THE NATIONAL ECONOMY

Aleshina O.G., Demchenko S.K.

Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: olga24reg@mail.ru

This article focuses on the study and Assessment of Russia's economic growth as a basic indicator of the performance of the economy. The study mentions the time period of 2000–2017, in which we can observe several deep crises, recession, growth and stagnation of the Russian economy. The article provides an analysis and assessment of the economic situation in Russia for the period 1990–2017, and examines the reasons for the rapid economic growth of 2000–2008, and the main factors, constraints of this growth in the modern era. The key role of such factors as the rise in hydrocarbon prices, the high consumption demand and the inflow of foreign investment in sustaining economic growth in the short term is well founded and underlined. The main reasons for the slowdown in the economic growth of the current phase are presented, and possible ways to overcome this situation are outlined.

Keywords: economic growth, GDP, model of economic growth, consumer demand, growth points of the economy, multiplier effect

В макроэкономике экономический рост определяется как «увеличение объемов продуктов и услуг, произведенных в стране за определённый период времени». Экономический рост экономики любого государства является отражением программы социально-экономического развития страны и основывается на реальной экономической ситуации, формируемой бюджетной, налоговой, кредитной и другими видами экономической политики. Достижение высоких и стабильных темпов экономического роста является главной задачей, стоящей перед Россией. За последние 20 лет экономике России пришлось столкнуться с серьезными испытаниями, вызванными тремя финансовыми кризисами. Это не могло не отразиться на качестве и динамике экономического роста, которому в России свойственны специфические особенности и черты. Изучение и анализ динамики изменения ВВП современной России в рамках периода с начала 1990-х гг. по 2017 г. позволили выделить следующие этапы экономического роста:

- 1 этап – 1991–1998 гг. – экономический кризис, вызвавший уменьшение реального ВВП и девальвацию национальной валюты;
- 2 этап – 1999–2008 гг. – высокий, экстенсивный экономический рост;
- 3 этап – 2008–2009 гг. – кратковременный и сильный спад, связанный с мировым финансовым кризисом;
- 4 этап – 2010–2012 гг. – незначительный, затухающий восстановительный экономический рост;
- 5 этап – 2013–2015 гг. – экономический кризис, вызвавший рецессию в экономике, обусловленный внутренними структурными проблемами в экономике, снижением мировых цен на углеводороды и ряд основных ресурсов, напряженностью международных отношений;
- 6 этап – 2016 г. – н.в. – экономическая стагнация (восстановления как такового пока не происходит, но выход из рецессии очевиден по всем формальным признакам-показателям) [1].

Несмотря на то, что многие экономисты признают экономический кризис 1998 г. од-

ним из самых тяжёлых экономических кризисов в истории России, его последствия были достаточно успешно преодолены. Подтверждением этим словам служит впечатляющая динамика взрывного роста российской экономики, когда за 2000–2008 гг. кумулятивный рост ВВП составил 83 %, при среднегодовых темпах прироста ВВП в 6,9 % [2]. Изменение ситуации в характере российского экономического роста произошло в 2008 г., под воздействием мирового экономического кризиса. С середины 2008 г. показатели зафиксировали незначительное торможение роста производства, и к началу 2009 г. в экономике уже пошел спад. Итоговое падение ВВП в 2009 г. было весьма значительным и составило около 9 %. Российская экономика опять столкнулась с новым финансовым кризисом и множеством сопутствующих ему негативных последствий, однако следует отметить, что он уже не вызвал в России шока, как десять лет назад.

После кризиса 2008–2009 гг. восстановление российской экономики происходило темпами, немногим меньшими, чем наблюдавшиеся в предшествовавшее десятилетие и на среднемировом уровне в 4 % рост ВВП был восстановлен уже в 2010 г. Достигнутая макроэкономическая стабилизация экономики продлилась недолго, со второго квартала 2013 г. стало очевидным замедление темпов экономического роста, а с лета 2014 г. речь уже шла о стагнации в экономике России (рис. 1). Осенью того же 2014 г. ВВП России ушел в минус, впервые с 2009 г., падение составило 0,5 %. В 2014 г. российская экономика столкнулась с серьезным валютно-финансовым кризисом, грозящим перерасти в глубокий экономи-

ческий кризис. После преодоления острой фазы кризиса 2014–2015 гг. экономика России так и не смогла восстановиться.

Каковы же были причины, вызвавшие бурный подъем российской экономики в докризисный период 2000–2008 гг. и почему прежние факторы экономического роста перестали работать в посткризисных 2015–2017 гг.?

Источниками экономического роста выступают процессы, явления или обстоятельства, которые обладают способностью устанавливать темпы и масштабы долгосрочного увеличения реального объема национального производства. Традиционными факторами экономического роста, обеспечивающими значимый подъем экономики России, являлись природные ресурсы (прежде всего углеводороды.); внутренний спрос (формируемый за счет перераспределения экспортных доходов); госсектор и госзакупки; иностранные инвестиции.

Природные ресурсы. Высокая обеспеченность РФ природными ресурсами во многом способствовала формированию экспортно-сырьевой модели экономики, созданной взамен советской плановой системы. Сложившуюся модель отличают, во-первых, увеличение добычи и экспорта сырья, а во-вторых, уменьшение объемов отечественного промышленного производства. При такой модели экономики основной причиной экономического роста и установления его количественных величин служат доходы, полученные от продажи природных ресурсов, в основном энергетических. Причем доходы, как показали 2000–2008 гг., могут формироваться как за счет увеличения внешних поставок, так и за счет благоприятной конъюнктуры мирового рынка.

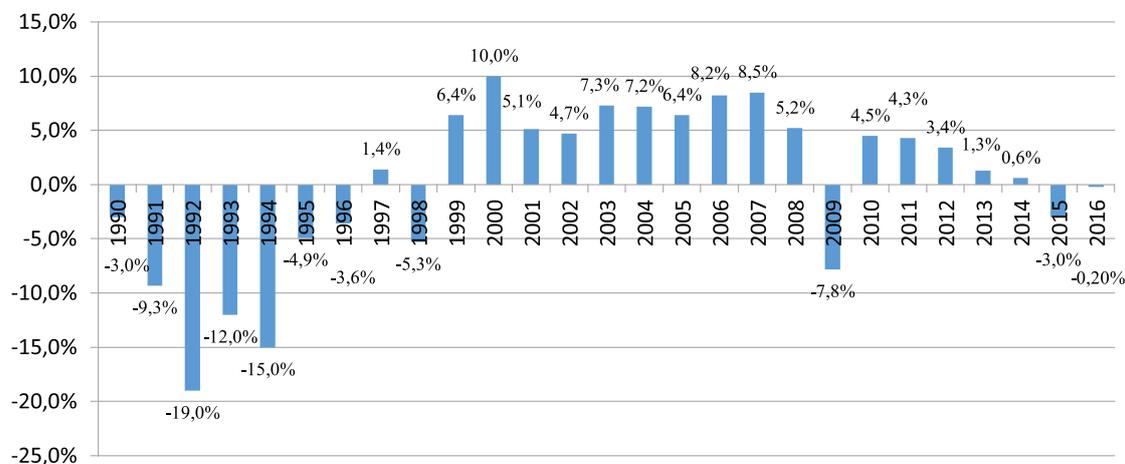


Рис. 1. Динамика прироста ВВП России, % к предыдущему году

С 1999 г. на мировом рынке углеводородов стала складываться благоприятная для российской экономики конъюнктура. С 1995–2008 гг. средняя экспортная цена 1 барреля сырой нефти и нефтепродуктов фантастически возросла с 17,1 до 97,7 долл. – в 5 раз, цена газа – в 5,6 раз, цена на руды и железные концентраты – в 4 раза и т.д. Высокий уровень мировых цен на энергетические ресурсы, установившийся с 2000-х гг., и их значительный рост способствовал получению сверхдоходов от сырьевого экспорта, которые долгое время были одним из основных источников роста российской экономики. По некоторым оценкам наша страна в 2000–2008 гг. получала от 5% до 15% дополнительных доходов благодаря росту цен на углеводороды. Величина сверхдоходов в 2010–2013 гг. колебалась в диапазоне от 12,5% до 14,5% [2].

Внутренний спрос. С начала 2000-х гг. в России сформировалась и действует модель экономического роста, основанная на расширении внутреннего спроса (так называемая demand-driven model). Об этом отчетливо свидетельствует опережающий, по сравнению с ВВП, рост внутреннего спроса как потребительского, так и инвестиционного (рис. 2). В данной модели существуют две особенности – за счет чего расширяется

внутренний спрос и каким образом на это реагирует национальная экономика.

Для России увеличение внутреннего спроса прежде всего было обусловлено ростом доходов от сырьевого экспорта, под влиянием сложившейся конъюнктуры рынка. По оценкам Е. Гуревича и И. Прилепского повышение цен на нефть на 1% в реальном выражении увеличивало внутренний спрос на 0,22% [4].

Реформа налогообложения добычи нефти и газа, проводимая в 2002 г., позволила за счет ресурсных платежей и экспортных пошлин в 8 раз увеличить налоговые поступления от нефтегазового сектора в бюджет РФ. Следствием этого явился рост социальных расходов и зарплат в бюджетной сфере, что повлекло создание дополнительного потребительского спроса. Помимо этого, благодаря высоким доходам, наблюдалось повышение зарплаты в нефтяной, металлургической и газовой отраслях.

Рост производства и, как следствие, расширение внутреннего рынка, а также проводимая политика Банка России по поддержанию курса национальной валюты значительно повысили привлекательность российской экономики для иностранных инвестиций (табл. 1).

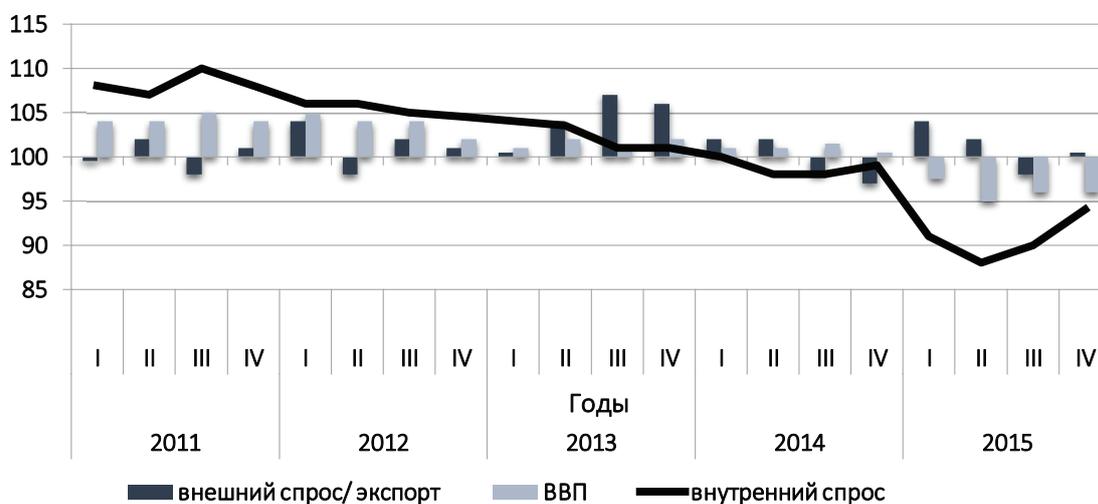


Рис. 2. Динамика ВВП по компонентам внутреннего и внешнего спроса в 2011–2015 гг., в % к соответствующему кварталу предыдущего года [3]

Таблица 1

Прямые иностранные инвестиции в экономику РФ (млрд долл. США)

Годы	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Банки	9887	6678	5164	5081	7786	9158	4394	589	1608
Иные секторы	64896	29906	38004	50003	42801	60061	17637	6264	31369
ИТОГО:	74783	36583	43168	55084	50588	62219	22031	6853	32976



Рис. 3. Динамика объемов потребительского кредитования в России в 2005–2015 гг.

В 2007 г. приток иностранного капитала в Россию достиг пика – 7% от ВВП (для сравнения, в 1999 г. отток капитала составлял 11% ВВП). Согласно оценке Экономической экспертной группы повышение цены на нефть на 1 долл/барр. увеличивало чистый приток капитала на 1 млрд долл. [2, с. 10]. Приток капитала извне способствовал росту масштабов кредитования. Реальная величина кредитов физическим лицам в период 2000–2008 гг. росла в среднем на 53% в год или в 46 раз (рис. 3).

Таким образом, внутренний спрос был поддержан масштабной экспансией потребительского кредитования. Этим обуславливалась стойкая тенденция роста личного потребления российских домохозяйств начиная с 1998 г. Такая ситуация в российской экономике получила название «потребительского бума». Повышение доходов населения и вместе с ними покупательной способности населения привело к росту розничного оборота, увеличению размера покупок товаров длительного пользования, подстегиваемых развитием потребительского кредитования и бурным распространением розничных сетей по территории страны.

Госсектор и госзакупки. Поддержка роста экономики в 2000–2008 гг. происходила за счет увеличения госзакупок (создание дополнительного спроса на продукцию производственного назначения) и создания госкорпораций и различных институтов развития. По некоторым оценкам вклад государства и государственных компаний в ВВП Российской Федерации на текущий момент составляет поряд-

ка 50–70%, тогда как десять лет назад, в 2005 г., эта доля составляла около 35%. Госкомпании практически монополизировали производство в отраслях, получающих природную ренту.

Таким образом, высокая обеспеченность экономики России природными ресурсами, сложившиеся в 2000–2007 гг. благоприятные условия внешней конъюнктуры способствовали формированию специфического типа экономического роста. Ряд ученых (Н.В. Акиндинова, Е.Г. Ясин) определяют этот рост как «восстановительный рост, опиравшийся на первые итоги рыночных реформ, природные богатства и быстрый рост мировых цен на нефть и газ» [4]. Другие ученые более категоричны и считают тип экономического роста экономики 2000–2008 гг. «ресурсно-зависимым и экспортно-ориентированным», способствовавший усугублению «голландской болезни» и накоплению системных перекосов в экономике. Так, С.С. Губанов говорит о компрадорском характере функционирующей экспортно-сырьевой модели экономического роста [5].

Интерес вызывает и другая точка зрения, высказанная А.Л. Кудриным и Е.Т. Гурвичем, которые назвали экономический рост 2000–2008 гг. «моделью импортированного роста». Однако в любом случае все эти модели сходятся в том, что в условиях благоприятной внешней конъюнктуры в 2000–2008 гг. он характеризовался ростом притока доходов от экспорта ресурсов, перераспределяемых государством между секторами и стимулирующих потребительский и инвестиционный спрос [2].

Таблица 2

Источники роста экономики России

Как было	Как должно быть
– доходы от экспорта углеводородов и др. сырья; – рост внутреннего спроса; – развитие госсектора и госзакупок; – опережающее развитие сектора неторгуемых благ (не имеющих конкуренции со стороны импорта, например строительство, ВПК, торговые сети и др.)	– увеличение глубины переработки природных ресурсов (прежде всего идущих на экспорт: переработка леса, металлов и др.); – развитие АПК и пищевой промышленности; – развитие инфраструктуры (транспортной, логистической и др.); – повышение производительности труда в традиционно «сильных» секторах экономики и передовых отраслях

Несмотря на различие в названиях модели экономического роста современной России, неизменной остается его специфика. Падение цен на нефть и сырьё стимулирует передовые индустриальные страны мира к ускоренному обновлению высокотехнологичного промышленного капитала. В российской экономике же, напротив, такая ситуация провоцирует кризис: снижаются показатели ВВП, как следствие падение объёмов бюджета, внутреннего спроса, социальных расходов и т.д. Наблюдается также и перекося в отраслевой структуре, так происходит усиленное развитие добывающего сектора и сектора так называемых неторгуемых благ, т.е. не имеющих конкуренции со стороны импорта, (например, строительство, ВПК, торговые сети) при сдерживании роста обрабатывающих отраслей промышленности. Такое развитие событий связано с тем, что в современной российской экономике отсутствуют межотраслевые внутрирегиональные и межрегиональные связи, которые позволяют трансформировать расширяющийся первичный спрос на некий товар во вторичный спрос на продукты и ресурсы, используемые для его производства, размещённые внутри страны.

Период «высоких цен» на углеводороды закончился неожиданно, и Россия столкнулась с новой реальностью. Из трех источников роста экономики – инвестиции, потребительский спрос, экспорт природных ресурсов – пока ее поддерживает на плаву только последний. А его, в свою очередь, должна поддерживать проводимая правительством политика по девальвации рубля.

Можно ли надеяться на возвращение притока внешних финансовых ресурсов и получение сверхдоходов, которые снова запустят прежнюю модель роста? Большинство экспертов сходятся во мнении, что возврата к прежним ценам уже не будет. При существующем характере низкой сырьевой конъюнктуры экспорт сырья уже не может обеспечить необходимых доходов для поддержания устойчивого социально-экономического положения страны, и мы наблюдаем

рецессию. Учитывая долгосрочный прогноз низкой конъюнктуры и уровень текущих цен на природные ресурсы, в будущем российскую экономику ожидает дальнейший спад и депрессия.

С учетом изложенного для обеспечения долгосрочного устойчивого развития России необходимо как можно скорее найти новые точки роста экономики взамен нефтегазового сектора. Такими точками роста могли бы стать «локомотивные отрасли», т.е. отрасли, инвестиции в которые дают экономике максимальный экономический эффект, в том числе мультипликативный. Именно эти отрасли должны стать приоритетными направлениями инвестиций. В России в качестве таких отраслей выделяют: сельское хозяйство, малоэтажное жилищное строительство, лесопромышленный комплекс, транспортную систему, логистическую систему, пищевую промышленность, химическую промышленность, внутренний туризм (табл. 2).

Инвестирование в отдельные значимые проекты в данных отраслях уже осуществлялось, но не все экономические ожидания оправдались. В действительности механизм мультипликативной трансляции спроса из одной отрасли в смежные не работает. Инвестиции, создавая спрос на локальном рынке, стимулируют его рост, но это не приводит к поступательному развитию других сфер экономики и, вопреки ожиданиям, отрасль не становится «локомотивом». Для того, чтобы полноценно сработал мультипликативный эффект в экономике, необходимо создать развитую систему многоуровневых связей между различными отраслями и сферами экономики и механизм, помогающий этим связям успешно функционировать [6].

Локомотивные отрасли создают цепочки поставок, являются лидером в этой цепочке, задают стандарты и формируют дальше весь состав поставщиков. У России уже есть действующие локомотивные отрасли либо они имеют потенциал для того, чтобы такими стать. Реализовать эти функ-

ции возможно только при наличии развитой транспортно-логистической инфраструктуры, высоком уровне внутриотраслевой и межотраслевой кооперации, развитии кластерных структур, с разветвленными кооперационными связями. При этом мы по умолчанию исходим из того, что такие характеристики, как современная диверсифицированная производственная база, емкий внутренний рынок и высокий платежеспособный спрос внутри страны выступают результатом эффективной экономической и промышленной политики государства. Только при таких условиях появление потенциала роста в одном из секторов способно превратиться в локомотив роста для всей экономики в целом, при поддержке государства. До этого все искусственные попытки формирования точек роста будут обречены на неудачу.

Список литературы

1. Савина Т.Н. Экономический рост современной России особенности и специфика / Т.Н. Савина // Российская экономика: взгляд в будущее: материалы III междунар. научно-практич. конф. – Тамбов: Из-во ТГУ, 2017. – С. 334–339.
2. Кудрин А.Л. Новая модель роста для российской экономики / А.Л. Кудрин, Е.Т. Гурвич // Вопросы экономики. – 2014. – № 12. – С. 4–36.
3. Изряднова О.И. Российская экономика в 2010–2014 гг.: внутренний и внешний спрос / О.И. Изряднова // Экономика. Налоги. Право. – 2015. – № 2. – С. 69–80.
4. Акиндинова Н.В. Новый этап развития экономики в постсоветской России / Н.В. Акиндинова, Е.Г. Ясин // Вопросы экономики. – 2015. – № 5. – С. 4–26.
5. Губанов С.С. Системный кризис и выбор пути развития России / С.С. Губанов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2015. – № 2. – С. 23–41.
6. Иванова Л.Н. Точки роста и драйверы роста: к вопросу о содержании понятий / Л.Н. Иванова, Г.А. Терская // Журнал институциональных исследований. – 2015. – Т. 7, № 2. – С. 120–133.

УДК 338.462

АУТСОРСИНГ КАК КАТАЛИЗАТОР ПРОЦЕССОВ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМНЫХ ИННОВАЦИЙ

^{1,2}Балдин О.В., ³Иванов Г.И.

¹ГОУ ВПО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону;

²Аутсорсингово-сервисный кластер «Зенит – Сервис», Ростов-на-Дону,

e-mail: o.baldin@yandex.ru;

³ЧОУ ВО «Южный университет (ИУБиП)», Ростов-на-Дону, e-mail: giivanov@yandex.ru

Статья посвящена рассмотрению аутсорсинга как дополнительной движущей силы, способствующей повышению эффективности реализации системных инноваций. Дается авторское определение понятию «системная инновация», проводится его типологизация по видам и формам. В статье показано, что аутсорсинг как вид деятельности априори является источником инновационной активности. Это способствует приданию дополнительного мощностного, а также синергетического эффектов при обеспечении процессов проектирования, создания и диффузии на рынке как отдельных, так и системных инновационных продуктов, что позволяет повысить их функциональные, качественные и иные характеристики. В заключение делается вывод о том, что внедрение аутсорсинга как способа поддержки системных инноваций позволяет повысить эффективность их реализации на всех этапах жизненного цикла – от проектирования до внедрения.

Ключевые слова: системная инновация, инновационный проект, аутсорсинговая деятельность, инфраструктурная поддержка инноваций

OUTSOURCING AS A CATALYST FOR IMPLEMENTATION PROCESS OF SYSTEM INNOVATIONS

^{1,2}Baldin O.V., ³Ivanov G.I.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don;

²Outsourcing – service cluster «Zenit-service», Rostov-on-Don, e-mail: o.baldin@yandex.ru;

³South University (IUBIP), Rostov-on-Don, e-mail: giivanov@yandex.ru

The article is devoted to consideration of outsourcing as an additional driving force, to enhance the effectiveness of the implementation of the system of innovation. The author gives the definition of the concept of «systematic innovation», and fulfils it's classification by types and forms. The article shows that outsourcing as an activity is a priori source of innovative activity. This contributes to additional power, as well as synergy effects in the provision of processes of design, creation and diffusion on the market both private and the system of innovative products to improve their functional, quality and other characteristics. In conclusion, it is concluded that the introduction of outsourcing as a way of supporting the system of innovation allows to increase the effectiveness of their realization at all stages of the life cycle – from design to implementation.

Keywords: system innovation, innovation project, outsourcing activity, infrastructure support of innovations

В последние годы проблематика становления и развития системных инноваций приобретает все большее внимание как в научном сообществе, так и в прикладных сферах функционирования народного хозяйства. Инновационные процессы становятся основополагающим направлением развития производственных и инфраструктурно-обеспечивающих отраслей экономики. К последним, в частности, можно отнести область аутсорсинга, являющуюся наиболее динамично развивающимся сектором поддержки производства и регионального управления.

При этом аутсорсинговая деятельность как таковая априори является источником инноваций. Это связано с перманентной необходимостью предприятий, функционирующих в данной области, постоянного поиска оригинальных путей разрешения нестандартных задач, выдвигаемых со стороны заказчиков. Наибольшую актуаль-

ность это приобретает при обеспечении инфраструктурного сопровождения инновационных проектов. В таких случаях творческое начало аутсорсеров раскрывается в значительно большей степени, чем при решении типовых задач.

Результат объединенной инновационной активности источника инновации и аутсорсера позволяет обеспечить дополнительное усиление инновационного эффекта в процессе как реализации инновации, так и ее диффузии на рынке.

Привлечение аутсорсинговых компаний в процессе реализации инновационных проектов может преследовать следующие цели:

1. Снижение рисков составяющей.
2. Уменьшение издержек.
3. Решение как типовых, так и нестандартных задач, необходимых для реализации проекта.
4. Получение наибольшей экономической, технологической, организационно-

управленческой отдачи от результатов внедрения проекта.

В последнем случае становится возможным получить не только запланированный результат инновационного решения, но также, благодаря применению нестандартных подходов, заложенных в самой природе аутсорсинговой деятельности, достичь более высокого эффекта от его реализации.

Безусловно, нельзя идеализировать аутсорсинг, поскольку здесь, как и в любой другой области человеческой деятельности, встречаются недобросовестные и некомпетентные организации. В [1, 2] проводится анализ подходов и критериев, на основе которых руководители предприятий принимают решения о целесообразности передачи отдельных бизнес-процессов на аутсорсинговое сопровождение. В этой связи актуализируется проблема выбора аутсорсинг-партнера. Среди основных критериев, определяющих принятие таких решений, необходимо руководствоваться следующими:

1. Репутацией аутсорсингового предприятия на рынке.
2. Спектром предоставляемых услуг.
3. Направленностью компании на оперативность и гибкость при необходимости применения нестандартных подходов для повышения эффективности инновационных проектов.

По нашему глубокому убеждению, нецелесообразно при выборе аутсорсинговой организации прибегать к проведению тендерных закупок, по принципу аукциона, поскольку это приводит к минимизации затрат не только для инноватора, но также и необходимости их экономии со стороны аутсорсера, что неизбежно нивелирует экономическую подпитку творческой составляющей аутсорсера.

С другой стороны – рыночная конкуренция, высокие требования, предъявляемые к специалистам по аутсорсингу, жесткие

условия SLA-контрактов вынуждают такие компании постоянно повышать уровень собственных компетенций и ответственности за результаты деятельности на рынке. Следовательно, при выборе аутсорсинг-партнера для сопровождения инновационных проектов большее доверие вызывают организации, функционирующие на рынке в течение длительного времени.

Поскольку аутсорсинговая деятельность, как правило, имеет определенную профессиональную направленность, перспективным вектором инновационного развития как для аутсорсинговых предприятий, с одной стороны, так и для поддерживаемых ими проектов является создание аутсорсинговых кластерных систем, что отражено в [3–5].

Инновационная ориентация экономических структур на определенном витке диалектического развития приобретает новую форму – системных инноваций. В отличие от частных инноваций, системные инновации представляют собой результат эволюции одного и (или) нескольких инновационных решений, направленный на создание и диффузию их совокупного инновационного продукта. Таким образом, реализация системных инноваций может проявляться в следующем:

- 1) как результат поступательного развития отдельной инновации (диалектический путь развития инновации);
- 2) как результат интеграции ряда связанных инноваций (интегративный путь развития системных инноваций);
- 3) как результат комплексного объединения нескольких связанных либо несвязанных инноваций, итогом которого является синергетический эффект, проявляющийся в появлении не только принципиально нового продукта, но и ассоциированных с ним специфических инновационных систем (мультипликативный путь развития системных инноваций).

Схематично принципы развития инноваций представлены на рис. 1–3.



Рис. 1. Диалектический принцип развития инновации

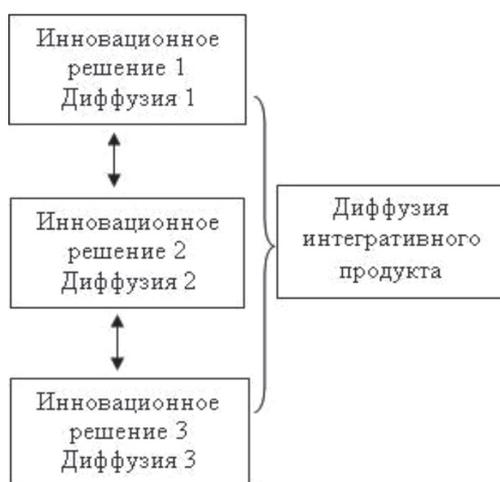


Рис. 2. Интегративный путь развития системных инноваций

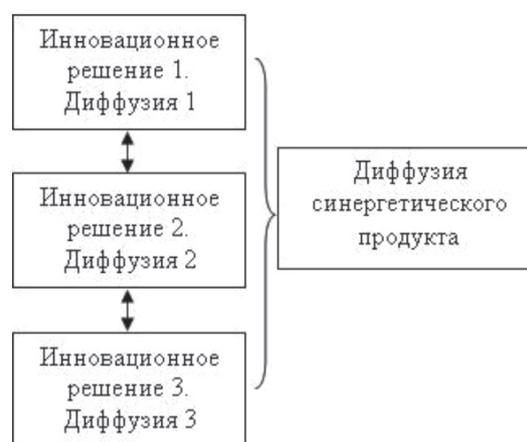


Рис. 3. Мультипликативный путь формирования системных инноваций

В данном случае развитие инновации происходит планомерно, в соответствии с четко поставленной целью и определенными задачами. Результаты ее внедрения и диффузии можно спрогнозировать с достаточно высокой степенью вероятности.

Интегративный путь развития системных инноваций характеризуется меньшей вероятностью прогнозирования результатов ее внедрения и развития. Следовательно, их внедрение сопряжено с более высокой, по сравнению с диалектическим принципом, степенью риска при их реализации, внедрении и диффузии.

Мультипликативный принцип развития системных инноваций может возникать как планомерно, так и спонтанно, в результате объединения нескольких как связанных, так и несвязанных между собой сформировавшихся инноваций, каждая из которых предварительно имела собственный путь развития. Мультипликативный путь характеризуется наименьшей степенью прогнозируемости результатов развития системных инноваций как в экономической, так и в социокультурной, экологической и других плоскостях. При этом данный способ формирования системных инноваций сопровождается синергетическим эффектом, проявляющимся не только в создании принципиально нового продукта, но также – в преобразовании инновационного пространства.

Процесс развития инноваций происходит циклически. Количество циклов может быть как определенным, так и неопределенным и составлять от одного до бесконечности. Инновация может остановиться в своем развитии и даже прекратить существование

в случаях, если на рынке параллельно появляются иные, более привлекательные продукты по критериям функциональности, надежности, цене и так далее.

Инфраструктурная поддержка системных инноваций строится на основе реализации механизмов комплексной инновационной активности источника инновационного решения и соответствующего обеспечения со стороны аутсорсинговой организации. Аутсорсер может быть привлечен как для обеспечения отдельного этапа его реализации (частного технологического решения, продвижения на рынке и так далее), так и целых циклов. Различные подходы для привлечения аутсорсинговой поддержки определяются источником инновации, обычно выступающим в роли заказчика и могут быть обусловлены экономической и технико-технологической целесообразностью, необходимостью придания дополнительного ускорения для вывода инновации на рынок, степенью секретности инновации и так далее.

Ученые справедливо определяют инновационную деятельность как высоко рисковую сферу экономики [6–8]. Это объективно обусловлено невозможностью всестороннего прогнозирования как экономических результатов реализации предлагаемого нового продукта, так и отдаленных последствий его воздействия на рынок, а также другие сферы человеческой жизнедеятельности, такие как экологическая, социальная, политическая и другие. Зачастую инноваторы не задаются вопросами просчета последних, поскольку направленность на достижение технико-технологического и экономического результатов инновации, как правило,

является доминирующей. Это создает предпосылки для актуализации выполнения прогностических исследований со стороны аутсорсинговых организаций последствий внедрения инноваций, которые могут быть хорошо прогнозируемыми, трудно прогнозируемыми и слабо прогнозируемыми.

Аутсорсинговые компании также зачастую выступают в роли независимых экспертов результатов внедрения инновационных проектов. В отличие от прогностической функции, экспертная позволяет провести комплексное независимое исследование инновационного продукта на предмет его жизнеспособности, надежности, качества, а также предложить пути совершенствования приведенных его параметров.

Следовательно, аутсорсинговая поддержка процесса реализации и диффузии инноваций может заключаться не только в текущем сопровождении их становления и выведения на рынок, но в том числе – в экспертной и прогностической функциях.

В научной литературе авторами предлагаются различные подходы к оценке эффективности внедрения инновационных проектов [6–8]. Все они базируются на расчете различных финансово-экономических характеристик по результатам их реализации, имеющих вектор направленности в отношении источника инноваций. По нашему глубокому убеждению, данные подходы являются недостаточными, поскольку не могут учесть весь спектр воздействия инновационного продукта как на рынок, так и другие секторы народного хозяйства, социо-культурную, экологическую сферы и так далее.

Для более полного отражения результатов воздействия как частных, так и системных инноваций на различные области жизнедеятельности общества необходимо обеспечить проведение аналитических исследований в отдельных циклах их реализации, позволяющих учесть широкий диапазон как экономических, так и иных последствий внедрения инновационных решений. Для этого целесообразно выполнение математического, статистического, эмпирического, экспертного анализов, проводимых в различных формах, в том числе: табличной, графической и других.

В научной литературе, посвященной проблематике оценки эффективности инновационных проектов, авторы фактически говорят об оценке эффективности инвестиционных проектов, отождествляя эти понятия [6, 7]. Мы не в полной мере согласны с таким подходом, поскольку целевые назначения их различны. Целью инвестиционного проекта является наиболее эффективное вложение финансово-экономических ресур-

сов с целью получения прибыли. Целью инновационного проекта является создание на рынке нового продукта. Прибыль, получаемая от его диффузии, является следствием внедрения на рынке.

Если расчет эффективности инвестиционного проекта достаточно предсказуем, то расчет эффективности инновационных проектов, особенно интегративного и мультипликативного типов, имеет значительно меньшую степень вероятности прогнозирования эффективности и, соответственно – более высокую рисковую составляющую. Инвестиционный проект не всегда является инновационным, поскольку инвестиционные вложения зачастую используются для решения стандартных задач. Инновационные проекты предполагают использование нестандартных подходов, так как ориентированы на получение принципиально нового продукта. Однако общим в обоих случаях является их направленность на получение прибыли от инвестиций.

В [8, 9] авторы рассматривают проблематику экономической эффективности воздействия аутсорсинга на процессы инновационной деятельности. Однако в современных условиях необходимо использовать комплексный подход, основанный не только на его экономической отдаче, но также и рассматривая весь комплекс воздействия аутсорсинговых структур как на финансово-экономические, так и другие результаты внедрения инновационных решений.

Оценку экономической эффективности от внедрения аутсорсинга в процесс реализации инновационных проектов мы предлагаем выполнять, основываясь на результатах предварительной оценки эффективности инновационного проекта без учета инфраструктурной поддержки, и фактических затратах, понесенных с учетом применения аутсорсинга. Кроме того, необходимо выполнить соответствующий расчет снижения рисков составляющей инновационного проекта.

Однако весь комплекс оценочных мероприятий в ряде случаев выполнить затруднительно, поскольку социо-культурные, экологические и другие характеристики поддаются лишь описательной, но не математической оценке, что необходимо учитывать при проведении сравнительного анализа внедрения инноваций с аутсорсинговой поддержкой и без нее.

При традиционной передаче части функционала на аутсорсинговую поддержку аутсорсинг хотя и позволяет снизить издержки, однако все равно является расходной статьей инвестора инновационного проекта.

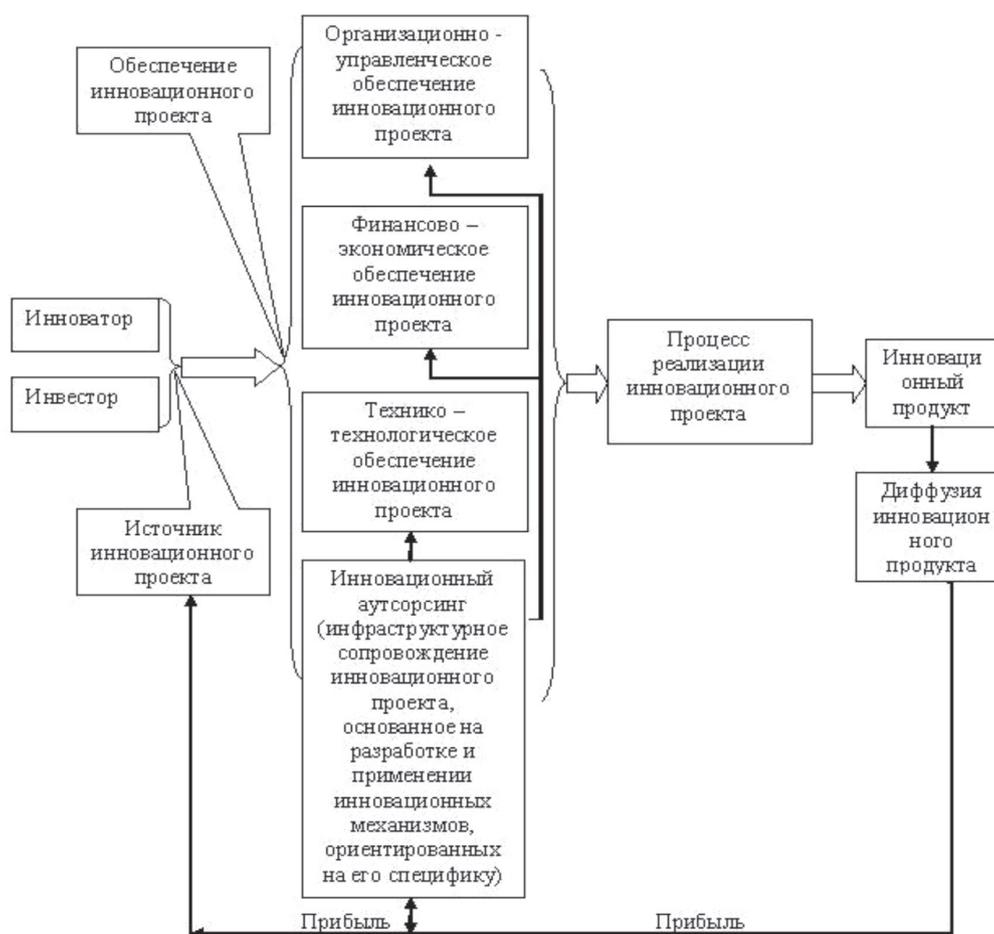


Рис. 4. Воздействие аутсорсинга на процесс реализации инновационного проекта

При реализации инновационного аутсорсинга последний может самостоятельно выступать в роли источника инноваций, разрабатывая и используя специфические нестандартные инструменты и целые механизмы, способствующие повышению эффективности реализации поддерживаемого инновационного проекта. В ряде случаев благодаря аутсорсингу происходит не только повышение эффективности инновационного проекта в запланированных рамках, но отдельные инновационные аутсорсинговые решения позволяют генерировать дополнительную прибыль, которая по принципу обратной связи частично остается у самого аутсорсера, частично возвращается инвестору и иноватору, что представлено на рис. 4.

В заключение можно сделать вывод о том, что катализирующая роль поддержки инноваций со стороны аутсорсинговых структур заключается в следующем:

1. Повышении технико-технологической эффективности инновации.

2. Снижении рисков составляющей инновационного проекта.

3. Снижении себестоимости конечного инновационного продукта.

4. Уменьшении срока окупаемости инновационного проекта.

5. Поддержке продвижения инновации на рынке.

6. Перспективном развитии инноваций.

7. Возможностью проведения независимой экспертизы инновационного решения.

8. Прогнозировании последствий внедрения инноваций на рынке.

9. Генерации новых методов, подходов, направленных на оптимизацию его реализации.

Список литературы

- Игнатъев А.В. Алгоритм принятия решения о переводе на аутсорсинг функций в сфере ИКТ в малых и средних промышленных предприятиях // Современные исследования социальных проблем / [Электронный ресурс]: электрон. науч. журн. – 2012. – № 7(15). – Режим доступа: <http://www.sisp.nkras.ru> (дата обращения: 20.11.2017).

2. Курбанов А.Х. Методика оценки целесообразности использования аутсорсинга / А.Х. Курбанов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 1. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5437> (дата обращения: 01.11.2017).
3. Балдин О.В. Особенности формирования сервисного кластера как способа инновационного развития аутсорсинговых компаний / О.В. Балдин // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 5. – С. 126–130.
4. Балдин О.В. Аутсорсинг как инструмент инфраструктурной поддержки инновационных проектов / О.В. Балдин // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 1–1. – С. 185–189.
5. Балдин О.В. Разработка инновационного механизма комплексной оценки технологической эффективности аутсорсингово-сервисного кластера / О.В. Балдин, Г.И. Иванов // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 9–2. – С. 399–404.
6. Тимофеев М.А. Развитие инструментария реализации инновационного проекта с использованием процессно-контрольного аутсорсинга: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / М.А. Тимофеев. – Н. Новгород, 2017. – 188 с.
7. Зайцев Ю.В. Управление инновационным проектом: учеб. – метод. пособие / Ю.В. Зайцев, Т.В. Дорожкина, В.К. Крутиков, О.В. Федорова. – Калуга: ИУБИТ, 2016. – 247 с.
8. Минасьян М.Р. Использование аутсорсинга в инновационной деятельности компании / М.Р. Минасьян // Внешнеэкономические связи. – 2008. – № 7. – С. 53–57.
9. Гончарова Н.А. Инновационный аутсорсинг в малом и среднем бизнесе: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Н.А. Гончарова. – СПб., 2010. – 22 с.

УДК 331.101.3/2

ОПЛАТА ТРУДА ПЕРСОНАЛА В КОНТЕКСТЕ ТЕОРИЙ МОТИВАЦИИ

¹Вертинова А.А., ²Прихошко Н.В.

¹ОАО РЖД, Артем, e-mail: annette938@gmail.com;

²ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», филиал, Артем, e-mail: nadya_prihoshko@mail.ru

В статье проведен анализ достоинств и недостатков известных классических теорий мотивации. Рассмотрены возможности и ограничения использования положений классических теорий в практической деятельности. Необходимо отметить, что согласно данным теориям, экономическая мотивация определяет поведение сотрудников, т.е. усилия сотрудников зависят от вознаграждения, которое в свою очередь влияет на мотивацию и их личную эффективность. Выявлено, что для повышения уровня производительности труда материальное стимулирование играет важнейшую роль в мотивации персонала. В результате проведенного исследования сделаны выводы, что различные теории мотивации в основном не противоречат друг другу, а взаимодополняют друг друга, отражая многогранность и нестандартность самого процесса мотивации и предопределяя необходимость комплексного подхода к решению этой сложной проблемы.

Ключевые слова: мотивация труда, теории мотивации, материальные стимулы, оплата труда, вознаграждение

EMPLOYEE COMPENSATION IN TERMS OF MOTIVATION THEORIES

¹Vertinova A.A., ²Prikhoshko N.V.

¹JSC Russian Railways, Artem, e-mail: annette938@gmail.com;

²Vladivostok State University of Economics and Service, branch, Artem, e-mail: nadya_prihoshko@mail.ru

The article deals with analysis of the advantages and disadvantages of known classical theories of motivation. The article studies the possibilities and limitations of using the provisions of classical theories in practical activity. It should be noted that, according to these theories, economic motivation determines the behavior of employees, i.e. the efforts of employees depend on reward, which affects motivation and their personal effectiveness. It has been revealed that in order to increase the level of labor productivity, material incentives play a crucial role in motivating staff. As a result of the research, it was concluded that the different theories of motivation basically do not conflict with each other, but complement each other, reflecting the complexity and unusual nature of the process of motivation and predetermining the need for an integrated approach to solving this complicated problem.

Keywords: motivation of work, theory of motivation, material incentives, compensation, remuneration

Классическая теория мотивации широко применялась во многих организациях, начиная с работ Ф. Тэйлора в XX веке. Данная теория основана на тех принципах, что: заработная плата имеет решающее значение в мотивации сотрудников; заработная плата, изменяемая пропорционально результатам, будет только побуждать сотрудника к действиям. Тем не менее начиная с 1930–1950 гг. ученые (Дж. Роттер, Э. Толмен) уже начинают искать взаимосвязь между мотивацией и индивидуальными результатами сотрудника. С этого времени возникают теоретические и практические работы по поиску факторов мотивации, которые еще могут повлиять на результат труда (А. Маслоу, Ф. Херцберг, К. Альдерфер) [1, 2]. Позднее возникли теория справедливости (Дж. Адамс), теория ожиданий (Д. Нэдлер и Э. Лоулер, В. Врум) [3, 4]. Развитие этих теорий привело к появлению теории целеобразования (Р. Шо, Саари и Г. Латхам) и теории организационной справедливости.

Теория агентских отношений М. Дженсена и У. Меклинга развивает идею о позитивном влиянии заработной платы на мотивацию [5].

Теория сельной оплаты труда (Р. Солоу), модель справедливой зарплаты Дж. Акерлофа и Дж. Йеллена, а также теория конкуренции (Э. Лэйзир и Ш. Розен) сформировали определенную теоретическую базу в экономике относительно мотивации сотрудников [6]. Перечисленные выше теории входят в так называемую «парадигму теорий мотивации». Однако, со временем начали появляться теории, противоречащие данной парадигме. В последние годы современные ученые-экономисты, в том числе и российские, в большей своей части придерживаются теорий о внутренней и внешней мотивации [7]. Впервые об этом в своих работах написал Ф. Херцберг во второй половине 1950-х гг., в дальнейшем данные теории развивали психологи Э. Деси и Р. Райан [8] в 1970-х гг. Ранее экономическая мотивация рассматривалась отдельно от менеджмента и организационной психологии, и, таким образом, внешняя и внутренняя мотивация были противопоставлены друг другу. Во-первых, считалось, что только внутренняя мотивация имела более длительное действие и на благополу-

чие сотрудника, и на результат его работы. Во-вторых, считалось, что заработная плата не может влиять положительно на внутреннюю мотивацию. Однако, эволюция теории Э. Деси и Р. Райана привела к возникновению теории самодетерминации, которая постепенно завоевала признание как основная теоретическая работа в сфере мотивации сотрудников. Одна из сильных сторон данной работы в том, что она предлагает органичное и синергетическое объяснение взаимосвязи результатов работы и благополучия сотрудников через внутреннюю и экономическую мотивацию. Теории организационной психологии подчеркивают стимулирующую роль результатов труда, когда они связаны с заработной платой. Данные теории говорят о том, что все люди рациональны: они делают разумный выбор относительно того, сколько усилий приложить и сколько стоит их поддерживать.

Теория ожиданий В. Врума часто использовалась в литературе в качестве аналитической основы для понимания, может ли заработная плата быть фактором мотивации. Выбор, который делают люди, определяется их восприятием вероятных последствий различных альтернатив поведения или ожиданием событий, вероятность которых оценивается отдельным индивидом [9]. Должны быть выполнены 3 условия: человек осознает, что он способен достичь поставленных целей благодаря своим усилиям; человек осознает, что достижение этих целей приведет к награде; данная награда будет желаемой для человека. Например, будет ли дополнительный выходной более желаемой наградой за хорошие показатели продаж, чем денежный бонус? Ответ на этот вопрос носит субъективный характер. Работы Л. Портера, Э. Лоулера и Д. Надлера развили данную теорию. Каждая из моделей предлагает определенную взаимосвязь между мотивацией, результатами и удовлетворенностью работой, тем не менее факторы, влияющие на данный процесс, различны. Однако, как только все ожидания сотрудника удовлетворены (если полученная награда совпадает с внутренними ожиданиями сотрудника), то награда воспринимается положительно и мотивация только возрастает [4]. Таким образом, вознаграждение (например, повышение заработной платы и получение бонусов) может играть как положительную, так и отрицательную роль в зависимости от уровня соответствия ожиданий и реальности [10].

Теория справедливости Дж. Адамса основана на той гипотезе, что человек сравнивает получаемые от результата работы вознаграждения с тем, сколько усилий он в нее

вкладывает. Более того он сравнивает свое соотношение вознаграждений/усилий с таким же соотношением у других людей [6]. Так, теория справедливости повлияла на управление заработной платой. Начали проводить исследования относительно основы для заработной платы (должностные инструкции, описание и классификация работ и т.д.) внутри компании, а также относительно рынка труда (сопоставительный анализ заработных плат в других компаниях). Дж. Гринберг в своей теории предлагает использовать модель распределения благ относительно заслуг, однако стоит отметить, что уровня материального вознаграждения недостаточно для определения справедливости. Человек также оценивает и сам процесс принятия решений относительно вознаграждений. Поэтому Дж. Гринберг говорит о том, что все процедуры должны быть понятными и прозрачными, а руководство открыто к тому, чтобы выслушать жалобы сотрудников, предоставить необходимую информацию и объяснить [11]. Теория целеобразования Э. Локка и Г. Латама говорит о том, что у людей есть цели, которых они пытаются достичь по собственной инициативе. Однако данная теория не объясняет психологической связи целей и мотивации. Установка целей для сотрудников увеличивает их мотивацию, только если выполняется 5 условий: человек думает, что способен достичь цели, существует обратная связь, награды получают, когда цели достигнуты, человек принимает поставленные цели. Цели, в свою очередь, должны обладать содержанием, интенсивностью и атрибутами [12]. Содержание предполагает точность и полноту ожидаемых результатов и инструкций.

Таким образом, цель должна быть достаточно сложной и при этом должна стимулировать сотрудника к действиям. В конце концов, поставленные цели пробуждают чувство уверенности в возможности расти и развиваться. Теория целеобразования придает большое значение денежным вознаграждениям. Отрицательный эффект материального вознаграждения объясняется отсутствием точности или пригодности целей, которые должны быть достигнуты. Например, когда цели воспринимаются как слишком трудные или даже недостижимыми, чувство несправедливости может привести к снижению усилий, а следовательно, и производительности [13]. Трудность для менеджеров состоит в том, чтобы установить достаточно сложные цели, но при этом доступные, чтобы поддерживать мотивацию сотрудников. Согласно теории, когда этот баланс достигается, экономическая мотивация действует положительно.

1970-е гг. ознаменовались появлением экономических теорий, основой которых стала идея об абсолютно положительном эффекте экономической мотивации на мотивацию внутреннюю и результаты труда. Именно в этих теориях впервые заговорили о том, чтобы сделать из рядовых сотрудников акционеров компании. Теория агентских отношений предполагает такие отношения, когда акционеры (принципал) привлекают директора (агента) для выполнения услуг от своего имени. Также это подразумевает делегирование части полномочий принципала агенту. Данные отношения могут быть представлены между работодателем (принципалом) и сотрудниками (агент). Так как теория агентских отношений строится на расхождении интересов принципала и агента, то необходимо найти и поддерживать баланс, который бы удовлетворял обе стороны. Принципал, чтобы ограничить риск, устанавливает механизмы управления агентов (бухгалтера, аудиторы и т.д.). Чтобы мотивировать сотрудника-агента и разрешить конфликт интересов, необходима и система вознаграждений, связанная с личной эффективностью и распределением дивидендов по акциям. Таким образом, подтверждается положительный эффект материального поощрения. Однако, последующие исследования выявили недостатки данной теории. Во-первых, не было установлено прочной связи между получаемым вознаграждением топ-менеджмента и эффективностью компании. Во-вторых, не учитываются социальные факторы в отношениях принципала и агента.

В начале 1980-х гг. Дж. Акерлоф разработал модель справедливой заработной платы, основанной на социологических исследованиях и теории Адамса. Согласно данной модели, сотрудники завистливы и, скорее всего, будут изменять свои усилия в зависимости от сравнения заработной платы с другими сотрудниками. Таким образом, в работах Дж. Акерлофа и Дж. Йеллена была выдвинута «гипотеза справедливой заработной платы»: сотрудники приспосабливают свои усилия таким образом, чтобы соответствовать «справедливой заработной плате». Если реальная основная заработная плата ниже, чем «справедливая», то, соответственно, количество усилий будет пропорционально сокращаться, и наоборот [6]. Стоит отметить, что «справедливая» заработная плата – понятие сугубо субъективное. Теория соревнований И. Лэйзира и С. Розена подходит к этому вопросу с другой стороны. Данная теория выдвигает использование систем поощрения на основе заслуг сотрудников. Основная идея заклю-

чается в том, что для того, чтобы поощрить сотрудника, уже недостаточно вознаграждения за усилия (как в теории эффективной заработной платы Р. Солоу), для достижения наибольшей эффективности уже необходимо мотивировать всех сотрудников конкурировать между собой [14]. К. Маклафин, развивая теорию соревнований, говорит о том, что приемлемость поощрения зависит от количества конкурирующих сотрудников, таким образом ценность вознаграждения должна быть пропорциональна числу потенциальных конкурентов [15]. И. Лэйзир и С. Розен также говорили о том, что если между сотрудниками-конкурентами существуют только лишь небольшие различия, то лучший способ побудить их действовать – это дать наиболее эффективному награду [6]. Данная теория была подтверждена несколькими исследованиями. К. Эрикссон в 1999 г. в своем исследовании сделал выборку из 2600 топ-менеджеров 210 датских компаний, результатом стала выявленная положительная взаимосвязь между эффективностью компании и заработной платой сотрудников [16].

Вышеперечисленные теории эволюционировали одна из другой, поэтому имеют некоторое сходство теоретических положений, что дает право объединить их в парадигму классических теорий. Под влиянием этой парадигмы заработная плата сотрудников, основанная на описании работы, квалификации и стажа, стала самым распространенным способом оплаты труда в начале XX века. Однако, после нефтяных и экономических кризисов второй половины XX века вопросы производительности и результативности сотрудников приобрели новое значение, особенно в связи с ростом международной конкуренции (открытие новых рынков и конкурентов из Азии). Поэтому с 1980-х гг. большую популярность в оплате труда приобрели механизмы индивидуального премирования, разделения прибыли, владения акциями и т.д. Тем не менее сегодня возникает несколько вопросов относительно такого подхода к оплате труда сотрудников. Во-первых, возникает конфликт между индивидуализацией заработной платы и командным духом компании и доверия в ней [17]. Во-вторых, существует конфликт между методом сдельной заработной платы и здоровьем, благополучием сотрудников. Данные проблемы служат отправной точкой для развития последующих теорий.

С начала 2000-х гг. ряд исследований в области психологии, менеджмента и экономики привели к интеграции преимуществ системы оплаты труда за личную эффектив-

ность и теорий внутренней и внешней мотивации. Основной задачей стало создание положительного эффекта взаимосвязи внутренней (интерес к работе, удовольствие от работы, переосмысление работы) и внешней (потребность во внешних вознаграждениях) мотивации [18]. Это стало возможным благодаря развитию теории самодетерминации (Э. Деси и Р. Райана) [19]. Теория самодетерминации принимает гипотезу о том, что между мотивацией и оплатой труда существует положительная связь. Согласно данной теории, поведение сотрудника рассматривается в диапазоне от отсутствия до наличия самостоятельности. Таким образом, вводятся два противоположных понятия: «самотивация» и «контролируемая мотивация». Самомотивация означает, что сотрудник действует по своему собственному убеждению, то есть сам выбирает, что ему делать, а что не делать. Контролируемая мотивация предполагает, что индивид регулирует свое поведение в соответствии с внешними причинами, т.е. действует под воздействием давлений и требований, связанных с конкретной целью производительности, которая должна быть достигнута, или даже социальными ожиданиями. Теперь стимул рассматривается не отдельно от внутренней мотивации, а вместе с ней.

Теория предполагает, что влияние материальных вознаграждений на внутреннюю мотивацию зависит от их значения. Когда они воспринимаются, как средство контроля или давления, то ставят под угрозу чувство самостоятельности и ослабляют внутреннюю мотивацию, а если воспринимаются как признание труда, то придают уверенность в себе и усиливают внутреннюю мотивацию. Например, оплата труда по результатам должна негативно влиять на чувство самостоятельности, изменяя locus причин с внутренних на внешние. Тем не менее она может влиять положительно на внутреннюю мотивацию, предоставляя информацию о личной эффективности сотрудника [8].

Таким образом, исходя из теории детерминации, планы по оплате труда должны стать результатом разговора между сотрудниками и руководителями и быть основаны на результате труда. Также оплата труда должна стать инструментом признания достижений и результатов за определенный период для усиления мотивации. Материальное вознаграждение может уменьшить внутреннюю мотивацию сотрудника, так как становится причиной контроля. Такими формами вознаграждения могут служить разного вида бонусы, или, по-другому, «ожи-

даемое вознаграждение». Помимо возникновения чувства контроля от данных форм, сотрудник может интерпретировать их как характерные для скучных заданий (Р. Бинабу и Ж. Тироль, 2003) [20, 21]. В этой ситуации он не чувствует себя свободным и понимает, что его решения ограничиваются целями, вознаграждением и санкциями. Соответственно, опровергается гипотеза об абсолютно положительном влиянии вознаграждения на мотивацию. С одной стороны, вознаграждение уменьшает внутреннюю мотивацию, снижая уровень самостоятельности, а с другой, дает информацию о том, насколько человек компетентен, насколько справляется со своими заданиями, т.е. дают удовлетворение психологическим потребностям [22]. Таким образом, Р. Бенабу и Ж. Тироль заключают, что существует некая граница между вознаграждением, которое воспринимается как «контролирующее» и, следовательно, контрпродуктивное, и вознаграждение, которое воспринимается как сигнал о сложности задачи и, следовательно, признанием компетенции. Тем не менее исследования в управлении показывают, что оплата за работу может положительно влиять на мотивацию при условии, что индивид воспринимает ее как справедливую и равноправную.

Групповые компенсации помогают усилить командный дух, однако из-за того, что кажется, будто каждый сотрудник вложил не так много сил в достижение результата, возникает чувство давления и контроля. Таким образом, любая награда содержит два аспекта: контрольный и информационный. С одной стороны, вознаграждение уменьшает внутреннюю мотивацию, снижая уровень самостоятельности, а с другой дает информацию о том, насколько человек компетентен, насколько справляется со своими заданиями, т.е. дают удовлетворение психологическим потребностям. Любая система оплаты труда должна быть разработана таким образом, чтобы сотрудники не чувствовали себя под контролем. Оплата труда должна быть гибкой и отвечать потребностям сотрудников: они должны чувствовать себя свободными в выборе, решениях и т.д. Оплата труда должна стать таким инструментом признания достижений и результатов прошлых периодов. Еще одним инструментом мотивации должно стать вознаграждение, не связанное с конкретной целью, но субъективно признающее достижения сотрудника. Такой вид вознаграждения развивает самостоятельность сотрудника, подтверждает его компетентность, вследствие чего в сотруднике развивается чувство верности компании.

Список литературы

1. Маслоу А. Мотивация и личность. – СПб., 2010. – 352 с.
2. Cox W.M., Klinger E. Handbook of Motivational Counseling: Concepts, Approaches, and Assessment. – 2009. – 538 p.
3. Reeve J. Understanding motivation and emotion. Denver. – 2009. – 581 p.
4. Nadler D.A., Lawler E. Motivation: A diagnostic approach / J.R. Hackman, E. Lawler, L.W. Porter (Eds.) // Perspectives on behavior in organizations. NY: McGraw-Hill. – 1977. – P. 26–38.
5. Задорожная А.Н. Исследование роли корпоративного управления в повышении инвестиционной привлекательности и кредитного рейтинга российских компаний // Известия УрГЭУ. – 2013. – № 1 (45). – С. 64–69.
6. Gagne M. The Oxford Handbook of Work Engagement, Motivation, and Self-Determination Theory. UK. – 2014. – 465 p.
7. Tsareva N.A., Vlasenko A.A., Ivanuyga O.I. The concept of labour motivation of the modern Russian scientists // The Turkish online journal of design art and communication. – 2016. NVSPCL P. 2571–2585.
8. Deci E., Ryan R.M. Facilitating optimal motivation and psychological well-being across life's domains // Canadian Psychology. – 2008. – № 49. – P. 14–23.
9. Попович И.С. Социальные ожидания в теориях мотивации личности // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология. – 2014. – № 4(20). – С. 53–63.
10. Царева Н.А., Черная Ю.А., Шамахова Ю.В. Особенности мотивации труда государственных служащих: роль организационной культуры // Современная научная мысль. – 2016. – № 6. – С. 217–222.
11. Greenberg J. Employee theft as a reaction to underpayment inequity // Academy of Management Journal. – 1990. – № 32. – P. 174–184.
12. Якимова З.В., Царева Н.А. Механизмы развития ценностного управления персоналом // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. – № 4 (21).
13. Yakimova Z.V., Tsareva N.A., Vlasenko A.A. Value personnel management: diagnostic tools and development mechanisms // The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication. – 2017 December Special Edition. – P. 1571–1572.
14. Мачин К.А. Обучение в течение всей жизни, профессиональная мобильность и эффективная заработная плата на рынке труда // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2016. – № 1 (33). – С.83–97.
15. McLaughlin K. Aspects of tournaments models: A survey // Journal of Labor Economics. – 1988. – Т. 15 – P. 403–430.
16. Erikson T. Executive compensation and tournament theory: Empirical tests on Danish data // Journal of Labor Economics. – 1999. – № 17. – P. 262–280.
17. Царева Н.А., Колоколова Л.А. Инновационный подход к управлению человеческими ресурсами: концепция «бренд работодателя» // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. – № 2(19). – С. 291–294.
18. Царева Н.А. Инновационный подход к управлению человеческими ресурсами: концепция «job crafting intervention» // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. – № 2(19). – С. 295–298.
19. Deci E.L., Ryan R.M. Self-determination Theory: A Macro-theory of Human Motivation, Development and Health // Canadian Psychology. – 2008. – Vol. 49. Issue 3. – P. 182–185.
20. Benabou R., Tirole J. Intrinsic and exintrinsic motivation // Review of Economics Studies. – 2003. – № 70. – P. 489–520.
21. Tirole J. Motivation intrinsique, intentions et norms sociales. Revue Economique, Rubrique conférences des congrès de l'AFSE–Paris Sorbonne. – 2008. – P. 577–589.
22. Tsareva N.A., Vlasenko A.A., Kololokova L.A. Actual questions of human resources management // The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication. – 2017 APRSPCL. – P. 1208–1218.

УДК 332.13(470.57)

ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**Гагауллин Р.Ф., Уляева А.Г.***Институт социально-экономических исследований УНЦ РАН, Уфа, e-mail: alsushnick@mail.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию состояния и динамики социально-экономического развития сельских территорий Республики Башкортостан. Авторами исследованы тенденции изменения демографической и миграционной ситуации в регионе, которые отражают активизацию в республике процессов урбанизации и субурбанизации, выявлена роль данных процессов для развития сельских поселений. Проведена оценка уровня и динамики отдельных показателей социально-экономического развития сельских территорий за последние 10 лет, которая позволила провести кластеризацию муниципальных районов республики по интегральным показателям уровня в текущем году и прироста значений за период 2005–2015 гг., что позволило выделить зоны эффективности роста уровня социально-экономического развития. Результаты кластеризации показали, что близость города оказывает существенное влияние как на динамику социально-экономического развития сельских территорий, так и на его уровень. Определены проблемы и перспективы развития сельских территорий Республики Башкортостан.

Ключевые слова: регион, сельские территории, социально-экономическое развитие, миграционные процессы

TRENDS AND PROSPECTS OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF RURAL TERRITORIES OF THE BASHKORTOSTAN REPUBLIC**Gataullin R.F., Ulyeva A.G.***Institute for Social and Economic Research, Ufa Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Ufa, e-mail: alsushnick@mail.ru*

This article is devoted to the study of the state and dynamics of the socioeconomic development of rural areas of the Republic of Bashkortostan. The authors investigated the trends in the demographic and migration situation in the region, which reflect the activation of the urbanization and suburbanization processes, and the role of these processes for the development of rural settlements. Assessment of the level and dynamics of individual indicators of socio-economic development of rural areas over the past 10 years is presented, which allowed the clustering of the municipal districts of the republic according to integrated indicators of the level in the current year and an increase in the values for the period 2005–2015, which made it possible to identify the zones of efficiency of growth in the level of social and economic development. The results of clustering showed that the proximity of the city has a significant impact, both on the dynamics of the socio-economic development of rural areas, and on its level. Problems and prospects of development of rural territories of the Republic of Bashkortostan are determined.

Keywords: region, rural areas, socio-economic development, migration processes

Современный этап развития систем расселения в регионах заключается в усилении процессов урбанизации и субурбанизации, а также в вымывании населения из сельских форм расселения, находящихся географически удаленных территориях, что в конечном итоге приводит к пространственной поляризации территориальных подсистем. Так, Н.В. Зубаревич основной тенденцией трансформации системы сельского расселения считает поляризацию, т.е. быстрый рост доли мельчайших пунктов и небольшой рост доли самых крупных при одновременном вымывании мелких и средних [1, с. 26].

Это можно подтвердить последними данными об изменении структуры системы сельских населенных пунктов и системы сельских поселений России. Так, если рассматривать изменение численности населения по различным типам поселений, то прирост численности населения показывают крупные поселения с численностью более 70 000 человек и наибольший отток наблю-

дается в небольших и средних сельских поселениях с численностью 1000–1999 человек. Несмотря на общий рост численности малых и средних поселений, они не концентрируют в себе значительное число населения, более того, численность их жителей сокращается, однако, как того требует муниципальное законодательство, они должны обеспечивать их минимальными благами и услугами [2]. Наблюдается «контраст между измельчением большинства пунктов и концентрацией населения в крупных селах» [1, с. 27].

Особенно остро данная проблема стоит в субъектах федерации с традиционно преобладающим сельским населением, в которых отсутствует развитый опорный каркас из сети городов, и развитие городского расселения заключается в значительной концентрации ресурсов и населения в одном или нескольких крупных городах и депрессивном характере развития малых городов. К таким субъектам федерации относится

Республика Башкортостан (РБ), которая традиционно считается регионом с преобладанием сельского расселения. На первый план для таких регионов встают задачи вывода сельских территорий из депрессивного состояния, обеспечения их населения минимально необходимыми ресурсами и благами, что позволит в конечном итоге избежать депопуляции сельских районов.

Целью настоящего исследования является изучение территориальных различий в уровне и динамике показателей социально-экономического развития (СЭР) сельских поселений Республики Башкортостан. Данная цель будет достигаться путем решения следующих задач:

- 1) анализ демографической и миграционной ситуации в сельских территориях РБ;
- 2) оценка уровня СЭР сельских территорий региона;
- 3) определение тенденций и перспектив развития сельских территорий республики.

Согласно «Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года» (распоряжение Правительства Российской Федерации от 2 февраля 2015 г. № 151-р) под сельскими территориями понимаются «территории сельских поселений и межселенные территории» [3]. Таким образом, если мы используем термин «сельские территории», то здесь на первый план выходят две системы – система сельского расселения (как совокупность сельских населенных пунктов) и система местного самоуправления (МСУ) (включающая сельские поселения как один из видов муниципальных образований). В данном случае анализ будет основываться на последней системе, т.е. объектом оценки будут сельские поселения в составе муниципальных районов РБ. Предметом исследования выступает уровень социально-экономического развития сельских поселений.

Основной гипотезой исследования является наличие существенных территориальных различий в уровне социально-экономического развития сельских территорий, вызванных влиянием агломерационных процессов на повышение уровня СЭР сельских территорий, расположенных вблизи крупных городов, и снижения уровня СЭР в поселениях, располагающихся на периферии региона. Поскольку по сельским поселениям отсутствуют данные по отдельным показателям, методика анализа будет основываться на вычете значений городских поселений из значений муниципального района, что позволяет нам оценивать уровень развития именно сельских поселений (такие районы в статье выделены «*»).

Анализ демографической и миграционной ситуации в сельских поселениях Республики Башкортостан

Рассматривая общий прирост населения по муниципальным образованиям (МО) республики за последние 10 лет, можно отметить общее снижение численности населения в регионе. При этом положительными темпами прироста численности населения за 2005–2015 гг. характеризуются только пять муниципальных районов (Абзелиловский, Иглинский, Стерлитамакский, Туймазинский* и Уфимский районы). Последние четыре района либо имеют на своей территории города (Уфимский, Туймазинский, Стерлитамакский районы), либо характеризуются высокой транспортной доступностью до города (Иглинский).

Что касается миграционной ситуации, то за 2005–2015 гг. сохранить миграционный прирост удалось только в сельских поселениях семи муниципальных образований: Иглинском, Краснокамском, Мелеузовском, Нуримановском, Туймазинском, Уфимском и Федоровском районах. Преодолели миграционную убыль сельские поселения в составе только трех районов республики (Кармаскалинский, Кушнаренковский, Стерлитамакский), первые два из которых входят в первый пояс Уфимской агломерации, а последний район имеет на своей территории два ядра Южно-Башкортостанской агломерации.

Сменилось направление миграционных потоков с положительного сальдо миграции на отрицательное в сельских поселениях 25 муниципальных районов (46% от общего числа районов), среди которых наибольшее сокращение притока мигрантов произошло в Белебеевском (с 12,06 чел. в 2005 г. до –16,48) чел. в 2015 г. на 1000 населения), Дюртюлинском (с 12,88 чел. до –14,65) чел. соответственно) и Кигинском (с 1,98 чел. до 23,83 чел. на 1000 населения) районах. В сельских поселениях 18-ти районов (33,3% от общей выборки) за последние 10 лет миграционная убыль населения сохраняется.

Таким образом, миграционная ситуация в сельских территориях является неблагоприятной. Только те МО, которые располагаются рядом с крупными городами или входят в ближние зоны городских агломераций, являются привлекательными для мигрантов [4]. Периферийные территории за последние 10 лет сохраняют миграционную убыль.

Рассмотрим, как изменение демографической ситуации в сельских территориях оказало влияние на отдельные показатели социально-экономического развития.

Оценка уровня социально-экономического развития сельских территорий Республики Башкортостан

Существуют различные методики оценки уровня социально-экономического развития муниципальных образований (МО), которые отличаются как набором показателей, так и методическим инструментарием самой оценки. На государственном уровне принята методика оценки СЭР МО, которая включает 12 показателей и характеризует различные сферы жизнедеятельности МО [5]. Большинство методик оценки уровня СЭР территориальных систем основываются на формировании интегральных показателей [6, с. 37].

Отметим, что сами методики и показатели оценки уровня социально-экономического развития территориальных систем могут существенно различаться в зависимости от уровня исследования (страна, регион, МО), однако чем ниже уровень объекта оценки, тем меньше возможностей статистики. В нашем случае при оценке социально-экономического развития сельских территорий возникают проблемы сбора данных по сельским поселениям РБ. Как уже было сказано ранее, для решения этой проблемы по муниципальным районам, на территории которых отсутствуют городские поселения, из статистики взяты значения показателей в целом по району. По муниципальным районам с городами и поселками городского типа из общих по району значений показателей были вычтены данные по городским поселениям.

Оценка социально-экономического развития сельских территорий в исследовании осуществлялась по двум направлениям: 1) оценка текущего состояния территорий по уровню СЭР в 2015 г.; 2) анализ динамики уровня СЭР за 2005–2015 гг. Таким образом, нас интересует дифференциация сельских территорий как по текущему состоянию в 2015 г, так и по динамике показателей СЭР. Если первое позволит отразить место муниципального образования на текущий момент времени и показать отставание / лидерство территорий, то второе покажет, какие территории являются или могут стать точками роста.

По каждому направлению оценка проводилась по ряду этапов. На первом этапе осуществлялся сбор данных по частным показателям СЭР, на втором этапе проводилась факторная оценка состояния территориальной системы и внутрирегиональных различий по частным показателям, на третьем этапе формировались интеграль-

ные показатели. По первому направлению (оценка текущего уровня СЭР) для формирования интегральных показателей проводилось нормирование значений частных показателей, затем нормированные значения сводились к одному с помощью среднего арифметического. По второму направлению (оценка динамики уровня СЭР) по каждому частному показателю находились значения темпов роста, которые сводились к одному интегральному с помощью среднего геометрического.

В качестве ключевых факторов развития сельских территорий нами выбраны три показателя:

- 1) объем ввода в действие индивидуальных жилых домов на 1000 чел., кв. м/чел.;
 - 2) продукция сельского хозяйства на 1000 чел. (в хозяйствах всех категорий; в фактических ценах), млн руб./чел.;
 - 3) среднемесячная заработная плата работников предприятий и организаций, руб.
- Эти критерии легли в основу исследования.

Анализ значений частных показателей СЭР в 2015 г.

По объему ввода в действие индивидуальных жилых домов на 1000 жителей лидирует Уфимский район (3310,35 кв.м), при этом его значения превышают значения Чишминского района (1025,39 кв.м), занявшего 2-е место, в 3,23 раза, а значения аутсайдера (Белебеевского* района) в 30,22 раза. Отметим, что в тройку лидеров по среднедушевому объему ввода индивидуального жилья вошли три муниципальных района из состава Уфимской агломерации, таким образом, агломерационные процессы оказывают наибольшее влияние именно на данную сферу СЭР.

По объему продукции сельского хозяйства на 1000 чел. в числе лидеров оказались Мелеузовский* (264,44 млн руб.), Благоварский (229,24 млн руб.) и Давлекановский* (174,27 млн руб.) районы, которые либо находятся рядом с крупным городом (Благоварский район расположен в 1,5-часовой транспортной доступности от столицы республики), или имеют на своей территории городское поселение (Мелеузовский и Давлекановский районы). Данные территории, помимо географического расположения рядом с городами, имеют достаточно площадей сельскохозяйственных угодий, в отличие, например, от аутсайдера – Белорецкого района (40,52 млн руб.), который хоть и имеет на своей территории городское поселение, но расположен в зоне рискованного земледелия.

По показателю уровня заработной платы работников организаций в тройке лиде-

ров находятся Уфимский, Туймазинский* и Калтасинский районы (34 163, 29 282, 29 242 руб. соответственно). При этом Уфимский район занимает лидерские позиции по вполне объяснимым причинам – близкому расположению со столицей, что дает преимущества по числу рабочих мест и хозяйствующих субъектов [7]. Отметим значительный разрыв в значениях показателей лидера (Уфимского района) и аутсайдера (Миякинского района) в 1,97 раза, что характеризует значительную дифференциацию муниципалитетов в данной сфере.

Анализ динамики значений частных показателей СЭР в 2005–2015 г.

Наибольший рост подушевых объемов ввода в действие индивидуальных жилых домов за анализируемые 10 лет показали три района: Благовещенский* (4,15 раза), Мелеузовский* (3,78 раз) и Уфимский (3,06). Такой рост также обосновывается близостью городов в указанных районах. Аутсайдерами по темпам роста показателя являются Белебеевский* (0,30 раза), Бураевский (0,53 раза), Бурзянский (0,34 раза), которые существенно сократили значения объемов ввода жилья на душу населения, это при условии того, что в данных районах численность населения за тот же период сохранилась.

В лидерах по росту объема продукции сельского хозяйства на 1000 чел. (с учетом индексов цен производителей сельскохозяйственной продукции) являются Благоварский (2,14 раза), Мелеузовский* (1,68 раза), которые показывают в принципе высокие значения данного показателя, а также Бурзянский (1,53 раза) районы, в котором такой рост вызван эффектом низкой базы. Отстающими территориями являются Дуванский (0,79 раза), Ермекеевский (0,79 раза) и Белебеевский* (0,71 раза).

По темпам роста заработной платы (приведенной в сопоставимый вид в ценах 2015 г.) в тройку лидеров вошли Янаульский* (3,90 раза), Баймакский* (3,64 раза), Давлекановский* (3,59 раза) районы, на территории которых расположены средние по размеру города республики. Аутсайдеры списка в принципе показывают небольшой рост, к ним относятся Белебеевский* (1,31 раза) и Туймазинский* (1,40 раза).

Анализ интегрального показателя текущего уровня СЭР в 2015 г. и интегрального показателя динамики СЭР в 2005–2015 гг.

Результаты оценки социально-экономического развития сельских территорий, основанной на трех ключевых факторах

развития сельских муниципальных районов (жилищное строительство, развитие сельского хозяйства, оплата труда работников предприятий и организаций), позволили провести кластеризацию сельских территорий на основе соотношения динамики значений показателей СЭР за последние 10 лет и их положения в рейтинге территорий в Республике Башкортостан в текущем году (таблица).

В зону неэффективного управления (отрицательная динамика СЭР, низкий уровень СЭР) попали три муниципальных района; в зону слабого роста (невысокие темпы роста СЭР, низкий уровень СЭР) вошли 28 районов (52% всех МО); в зону неэффективного роста (высокие темпы роста СЭР, низкий уровень СЭР) попали 17 районов (32%); в зону средних значений (невысокие темпы роста СЭР, средний уровень СЭР) вошли два района (Стерлитамакский и Чишминский); в зону эффективности (высокие темпы СЭР, средний уровень СЭР) вошли четыре района (Благоварский, Благовещенский, Мелеузовский, Туймазинский); в зону благополучия (высокие темпы роста СЭР, высокий уровень СЭР) попал только один муниципальный район (Уфимский).

Результаты кластеризации показали, что близость города оказывает существенное влияние как на динамику СЭР, так и на его уровень. Так, Уфимский район, имеющий на своей территории крупный город – столицу Республики Башкортостан, показал высокие темпы роста интегрального показателя социально-экономического развития при общем его высоком значении в 2015 г. Три района, имеющие на своей территории городских поселения (Благовещенский, Мелеузовский, Туймазинский), также показали высокие темпы роста и более высокий текущий уровень СЭР. Территории, не имеющие рядом города, например, Север и Северо-Восток республики, показывают небольшие темпы роста, которые не могут обеспечить достаточный уровень СЭР по сравнению с другими территориями. Таким образом, несмотря на общее повышение уровня социально-экономического развития за последние 10 лет, данные сельские территории остаются депрессивными.

Таким образом, выявлено, что на развитие сельских территорий оказывает значительное влияние наличие в транспортной доступности городов или поселков городского типа, при этом размеры городов не имеют значения. Установлено, что для повышения уровня социально-экономического развития региона в целом необходимо развивать сеть городов, которые являются точками роста и составляют опорный каркас территорий.

Кластеризация территорий Республики Башкортостан по интегральным показателям прироста уровня СЭР в 2005–2015 гг. и текущего уровня СЭР в 2015 г. [8]

		Интегральный показатель прироста показателей СЭР в 2005–2015 гг.		
		0–1	1–1,5	1,5–2,5
Интегральный показатель СЭР в 2015 г.	0–0,33	Белебеевский*, Дуванский, Балтачевский	Архангельский, Аскинский, Аургазинский, Белокатайский, Бижбулякский, Бирский*, Буздякский, Бураевский, Бурзянский, Дюртюлинский*, Зианчуринский, Илишевский, Ишимбайский*, Калтасинский, Кармаскалинский, Кигинский, Краснокамский, Кугарчинский, Куюргазинский, Мечетлинский, Мишкинский, Миякинский, Салаватский, Тагьшлинский, Учалинский*, Хайбуллинский, Чекмагушевский, Шаранский	Абзелиловский, Альшеевский, Баймакский*, Бакалинский, Белорецкий*, Гафурийский, Давлекановский*, Еремеевский, Зилаирский, Иглинский, Караидельский, Кушнаренковский, Нуримановский, Стерлибашевский, Федоровский, Янаульский*
	0,34–0,66		Стерлитамакский, Чишминский*	Благоварский, Благовещенский*, Мелеузовский*, Туймазинский*
	0,67–1			Уфимский

Определение тенденций и перспектив развития сельских территорий Республики Башкортостан

По результатам сопоставления динамики социально-экономических показателей и результатов действия демографических процессов в республике можно выделить следующие тренды пространственно-структурной трансформации. Развитие системы расселения заключается в поляризации сети населенных пунктов в виде концентрации населения в крупных и оттока жителей из малых и средних поселений. Развитие экономики в регионе обусловлено развитием урбанизации и характеризуется увеличением доли крупных городов в показателях промышленного производства и инвестиционной деятельности и стагнацией – в районах. Развитие социальной сферы выражается в усилении дифференциации показателей уровня жизни как между городскими округами и муниципальными районами, так и внутри системы сельских поселений (лидерами по динамике показателей социально-экономического развития являются муниципальные образования, расположенные вблизи городов).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Республики Башкортостан в рамках научного проекта № 17-12-02003 «Трансформация территориальной организации местного самоуправления в Республике Башкортостан в условиях кризиса системы расселения».

Список литературы

1. Зубаревич Н.В. Трансформация сельского расселения и сети услуг в сельской местности / Н.В. Зубаревич // Известия РАН. Серия географическая. – 2013. – № 3. – С. 26–38.
2. Зиннурова Г.Р. Методические аспекты оценки развития сферы муниципальных услуг / Г.Р. Зиннурова, В.В. Орешников // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12–6. – С. 1219–1223.
3. Об утверждении Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства РФ от 02.02.2015 г. № 151-р (ред. от 13.01.2017). – Режим доступа: <http://government.ru/docs/16757/> (дата обращения: 02.10.2017).
4. Климентьева А.Ю. Влияние миграционных и демографических тенденций на трудовой потенциал Республики Башкортостан // Л.И. Мигранова, А.Ю. Кобзева // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 10–2(75–2). – С. 1153–1158.
5. Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов [Электронный ресурс]: указ Президента РФ от 28 апреля 2008 г. № 607. – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102121454> (дата обращения: 02.10.2017).
6. Устойчивое развитие сельских территорий Алтайского края: социально-экономические и пространственные аспекты: коллективная монография / науч. ред. А.Я. Троцкий. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 330 с.
7. Атаева А.Г. Анализ влияния внутрирегиональных агломерационных процессов на финансовое развитие муниципальных образований / А.Г. Атаева, А.Г. Уляева, Г.Х. Япаров // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8–2. – С. 365–371.
8. Социально-экономическое положение муниципальных районов и городских округов Республики Башкортостан: статистический сборник / Башкортостанстат. – Уфа, 2016. – 269 с.

УДК 336.77:658.149.5

ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ОПЕРАЦИЙ ПО УСТУПКЕ ПРАВ ТРЕБОВАНИЯ**Елисеева О.В., Бушева А.Ю., Васильева Е.А., Гудожникова Е.В.***Саранский кооперативный институт (филиал) АНО ВО Центросоюза РФ
«Российский университет кооперации», Саранск, e-mail: EliseevaPM@rambler.ru*

В статье рассматриваются способы осуществления операций по уступке прав требования. Изучен порядок заключения договора по уступке прав требования. Рассмотрен порядок отражения в бухгалтерском учете операций по уступке права требования как у первоначального кредитора, так и у нового кредитора. Отмечается, что в настоящее время многие предприятия из-за нехватки денежных средств при осуществлении расчетов зачастую прибегают к заключению договоров уступки права требования. Делается вывод о том, что уступка прав требования является неблагоприятной и вынужденной мерой для предприятий-кредиторов, кроме того, что в составе активов предприятия некоторое время числится имущество (дебиторская задолженность), которое извлечено из оборота на неопределенный срок, пока долг не будет продан, так в конечном итоге все это приведет к возникновению убытков. Договор уступки права требования в условиях финансового кризиса является неотъемлемой частью гражданско-правовых отношений. Таким образом, уступка прав требования представляет собой способ урегулирования долговых обязательств без использования денежных средств.

Ключевые слова: уступка прав требования, должник, кредитор, расчеты, доходы, расходы

FEATURES OF ACCOUNTING OF OPERATIONS ON ASSIGNMENT OF RIGHTS REQUIREMENTS**Eliseeva O.V., Busheva A.Yu., Vasileva E.A., Gudozhnikova E.V.***Saransk Cooperative Institute (branch) ANO VO Central Union of Russia,
«Russian University Cooperation», Saransk, e-mail: EliseevaPM@rambler.ru*

The article deals with the ways of performing operations on assignment of rights of claim. The procedure for concluding a contract on assignment of rights of claim was studied. The order of reflection in accounting of transactions on the assignment of the right of claim in both the original creditor and the new creditor is considered. It is noted that at present many enterprises, because of a shortage of funds during settlements, often resort to concluding contracts of assignment of the right of claim. It is concluded that the assignment of claims is an unfavorable and compelling measure for creditor enterprises, in addition to that the assets of the enterprise for some time include property (receivables), which is extracted from circulation for an indefinite period until the debt is sold, so in the end, all this will lead to the emergence of losses, the contract of assignment of the right of claim in the conditions of financial crisis is an integral part of civil-law relations. Thus, the assignment of claims is a way to settle debt obligations without using cash.

Keywords: assignment of rights of claim, debtor, creditor, settlements, income, expenses

В современной рыночной экономике при осуществлении финансово-хозяйственной деятельности ни одно предприятие не обходится без взаимоотношений с другими предприятиями, организациями и учреждениями. Взаимоотношения между юридическими лицами основаны на совершении хозяйственных операций, вытекающих из заключенных между ними договоров на поставку товарно-материальных ценностей, выполнения различного рода работ или оказания услуг. В договорах, которые при этом заключают между собой юридические лица, оговариваются условия и сроки оплаты.

В основном расчеты между юридическими лицами осуществляются в безналичной форме. Этому способствует и то, что в настоящее время оплата по одному договору в сумме более 100 тыс. руб. должна осуществляться в безналичном порядке. Система безналичных расчетов представляет собой наличие принципов организации расчетов, предъявляемых к ним требований, форм и способов расчетов. Наиболее

постоянны и наименее подвержены изменениям принципы организации безналичных расчетов, требования, которым должны отвечать безналичные расчеты, меняются по мере развития и совершенствования хозяйственного механизма.

Амплитуда колебаний финансовых инструментов в рыночной экономике привела к тому, что многие предприятия испытывают нехватку денежных средств для оплаты счетов, то есть в условиях сложившегося финансового кризиса большинство российских предприятий-поставщиков подвержены риску не получить оплату за отгруженные товарно-материальные ценности, выполненные работы или оказанные услуги.

Несвоевременная оплата счетов или полное ее отсутствие приводит к неприятным последствиям как у поставщиков, так и у покупателей: у поставщиков непогашенная дебиторская задолженность списывается либо за счет резервов по сомнительным долгам, либо на убытки, а у покупателей растет кредиторская задолженность и при

этом страдает репутация предприятия как неплатежеспособного покупателя или заказчика.

Поэтому в настоящее время многие предприятия из-за нехватки денежных средств при осуществлении расчетов, зачастую прибегают к заключению договоров уступки права требования и перевода долга, поэтому в современных рыночных отношениях данный способ решения проблемы неплатежей набирает свою актуальность [1].

В соответствии со ст. 382 Гражданского кодекса РФ право (требование), принадлежащее на основании обязательства кредитору, может быть передано им другому лицу по сделке (уступка требования) или может перейти к другому лицу на основании закона [2].

Уступка права требования (цессия) представляет собой соглашение, в соответствии с которым первоначальный кредитор (цедент) продает новому кредитору (цессионарию) долг покупателя или заказчика (цессионар). В результате чего право требования долга переходит к новому кредитору на условиях, не ухудшающих положение должника. Договор цессии, или договор уступки прав требования, получил свое применение, так как ситуации, когда кредитор не может получить погашение долга от должника, встречаются довольно часто. В таком случае кредитор может передать право требования долга другому лицу путем заключения договора цессии.

Иными словами, уступка права требования представляет собой договоренность между поставщиком – первоначальным кредитором и покупателем долга – новым кредитором, в результате которой поставщик – первоначальный кредитор уступает новому кредитору право требовать от покупателя погасить долг. Передаваемые права поставщика – первоначального кредитора представляют собой долг в виде денежных сумм или определенного имущества.

Уступка права требования оформляется письменным договором между поставщиком – первоначальным кредитором и новым кредитором. В договоре отмечаются права на уступаемые неисполненные покупателем-должником обязательства, причины возникновения долга и обязанности сторон. Основанием уступки права требования будет являться договор между поставщиком – первоначальным кредитором и покупателем долга – новым кредитором [2].

В соответствии со ст. 384 Гражданского кодекса РФ долг может быть продан или передан безвозмездно. При продаже долга к новому кредитору переходит право требования долга в том же объеме и на тех же

условиях, которые возникли изначально между должником и первоначальным кредитором. При продаже или передаче долга согласия должника не требуется, тем не менее в обязательном порядке должник в письменной форме ставит в известность о том, что право требования долга перешло к новому кредитору [3].

При этом сумма долга и стоимость приобретенного права могут не совпадать, все будет зависеть от договоренности между первоначальным кредитором и новым кредитором, то есть по договору уступки права требования долг может быть продан выше или ниже его первоначальной стоимости.

Первоначальный кредитор и новый кредитор до заключения договора по уступке права требования должны изучить документы, которые подтверждают возникновение и сумму долга: акт сверки взаиморасчетов где зафиксирована сумма задолженности и дата ее возникновения; акты выполненных работ, расходные накладные, счета-фактуры, где подтверждается факт возникновения обязательства покупателя перед первоначальным кредитором. После изучения документов определяется сумма, по которой будет уступлено право требования на долг, и срок перечисления денежных средств.

После заключения договора на продажу долга, то есть уступку права требования первоначальный кредитор получает от нового кредитора оплату, то есть либо денежные средства либо иные материальные ценности, после чего неустребованная ранее дебиторская задолженность у первоначального кредитора аннулируется (при условии, что долг возмещается в полном объеме). Если долг был продан по стоимости ниже первоначальной, то сумма разницы списывается на убытки первоначального кредитора.

Таким образом, уступка права требования фактически представляет собой продажу неустребованной дебиторской задолженности. Еще раз обращаем внимание на то, что согласия покупателя-должника для оформления договора по уступке права требования не требуется.

По-прежнему одним из актуальных остается вопрос о порядке отражения в бухгалтерском учете операций по уступке права требования, как у первоначального кредитора, так и у нового кредитора. Передача права требования, которое первоначальный кредитор передает новому кредитору, учитывается в составе активов, поэтому в бухгалтерском учете первоначального кредитора будет отражена продажа дебиторской задолженности.

Первоначальный кредитор при заключении договора уступки права требования доходы от продажи дебиторской задолженности в бухгалтерском учете отражает по кредиту счета 91/1 «Прочие доходы», то есть в составе прочих доходов предприятия. При этом, по дебету счета 91/2 «Прочие расходы» будут отражаться расходы, связанные с продажей долга [4].

В бухгалтерском учете первоначально-го кредитора будут составлены следующие бухгалтерские проводки:

Д-т 62 «Расчеты с покупателями и заказчи-ками»;

К-т 90/1 «Выручка» – отражена выручка от продажи;

Д-т 90/3 «НДС»;

К-т 68 «Расчеты по налогам и сборам» – начислен налог на добавленную стоимость со стоимости проданных товарно-матери-альных ценностей, работ или услуг;

Д-т 90/2 «Себестоимость продаж»;

К-т 41 «Товары», 43 «Готовая продук-ция», 20 «Основное производство» – списа-на себестоимость отгруженных товарно-ма-териальных ценностей, выполненных работ или оказанных услуг;

Д-т 90/9 «Прибыль (убыток) от продаж»;

К-т 99 «Прибыль и убытки» – на сумму прибыли от продаж;

Д-т 99 К-т 90/9 – на сумму убытка от продаж;

Д-т 76 «Расчеты с разными дебиторами и кредиторами» субсчет «Расчеты по уступ-ке права требования»;

К-т 91/1 – отражена уступка права тре-бования (с НДС, при условии, что цена про-дажи больше долга);

Д-т 91/2 К-т 68 – на сумму НДС, если долг продан по стоимости выше первоначальной цены;

Д-т 91/2 К-т 62 – списана задолженность покупателя вместе с НДС;

Д-т 99 К-т 91/9 «Сальдо прочих доходов и расходов» – на сумму убытка от реализа-ции задолженности;

Д-т 51 «Расчетные счета»;

К-т 76 субсчет «Расчеты по уступке пра-ва требования» – зачислены на расчетный счет денежные средства по договору уступ-ки права требования.

Рассмотрим на условном примере от-ражение в бухгалтерском учете хозяйствен-ных операций по уступке права требования у первоначального кредитора.

ООО «Фаро» 14 апреля отгрузило поку-пателю товары на сумму 185200 руб. (в том числе НДС – 28251 руб.). Учетная стои-мость товаров составляет 110000 руб.

2 июня ООО «Фаро» уступило право требования дебиторской задолженности

ООО «Импульс» за 170000 руб. сумма деби-торской задолженности была зачислена на расчетный счет ООО «Импульс» 21 июня. Доход от уступки права требования соста-вил 170000 руб., что не превышает величи-ну самого требования 185200 руб., так что налоговая база по НДС у ООО «Фаро» не возникает.

В бухгалтерском учете ООО «Фаро» сделаны следующие записи на счетах:

Д-т 62 К-т 90/1 – 185200 руб.

Д-т 90/3 К-т 68 – 28251 руб.

Д-т 90/2 К-т 41 – 110000 руб.

Д-т 76 К-т 91/1 – 170000 руб.

Д-т 91/2 К-т 62 – 185200 руб.

Д-т 99 К-т 91/9 – 15200 руб.

Д-т 51 К-т 76 – 170000 руб.

Если при заключении договора цессии уступлено право требования к заемщику, то в бухгалтерском учете первоначального кредитора будут сделаны следующие бух-галтерские записи:

Д-т 58 «Финансовые вложения» К-т 51 – на сумму выданного займа;

Д-т 76 (проценты по займам) К-т 91/1 – на сумму начисленных процентов по займу;

Д-т 76 субсчет «Расчеты по уступке права требования» К-т 91/1 – на сумму на-численного дохода при уступке права тре-бования;

Д-т 91/2 К-т 58 – на сумму списанного основного долга заемщика;

Д-т 91/2 К-т 76 (проценты по займам) – на сумму списанного долга по процентам по займу;

Д-т 51 К-т 76 субсчет «Расчеты по уступ-ке права требования» – на сумму денежных средств, зачисленных на расчетный счет по договору уступки права требования.

При формировании бухгалтерской от-четности информация об операциях по уступке права требования у первоначаль-ного кредитора отражается в Отчете о фи-нансовых результатах по строкам «Прочие доходы» и «Прочие расходы».

В соответствии с ПБУ 19/02 «Учет фи-нансовых вложений», долг, который был приобретен по договору уступки права тре-бования, представляет собой финансовое вложение предприятия [5].

Исходя из этого, предприятие, которое приобретает права требования, обязано от-ражать приобретенную дебиторскую задол-женность в составе финансовых вложений, поэтому стоимость приобретенной дебитор-ской задолженности новый кредитор учиты-вает на счете 58 «Финансовые вложения».

В бухгалтерском учете нового кредито-ра операции по приобретению дебиторской задолженности оформляются следующими бухгалтерскими проводками:

Д-т 58 К-т 76 субсчет «Расчеты по уступке права требования» – на сумму, по которой приобретена дебиторская задолженность;

Д-т 58 К-т 76 – на сумму расходов по приобретению дебиторской задолженности и оформлению договора уступки права требования (юридические и консультационные услуги);

Д-т 76 субсчет «Расчеты по уступке права требования» К-т 51 – на сумму, перечисленную первоначальному кредитору в соответствии с договором на уступку права требования;

Д-т 76 К-т 51 – на сумму оплаты за юридические и консультационные услуги;

Д-т 51 К-т 91/1 – на сумму денежных средств, зачисленных на расчетный счет от должника в погашение задолженности;

Д-т 91/2 К-т 58 – списана первоначальная стоимость дебиторской задолженности;

В результате отражения в учете вышеперечисленных операций возникает разница между полученным доходом и расходами по приобретению дебиторской задолженности, которая является базой для обложения налогом на добавленную стоимость. При этом сумма НДС определяется по ставке 18/118.

Д-т 91/2 К-т 68 – на сумму НДС;

Д-т 91/9 К-т 99 – на сумму прибыли от приобретения долга по договору уступки права требования.

Новый кредитор может принять решение переуступить данное требование другому юридическому лицу либо самостоятельно взыскать с должника дебиторскую задолженность.

При любом выбранном варианте новый кредитор стоимость приобретенного права на дебиторскую задолженность отразит по кредиту счета 58 и дебету счета 91 субсчет 2 «Прочие расходы». По кредиту счета 91 субсчет «Прочие доходы» отражаются денежные средства, полученные от должника-покупателя, или денежные средства, полученные от нового кредитора при дальнейшей уступке права требования.

В продолжение рассмотренного выше примера в бухгалтерском учете ООО «Импульс» будут сделаны следующие записи на счетах:

Д-т 58 К-т 76 – 170000 руб.

Д-т 76 К-т 51 – 170000 руб.

Д-т 51 К-т 91/1 – 185200 руб.

Д-т 91/2 К-т 58 – 170000 руб.

Д-т 91/2 К-т 68 – $(185200 - 170000) * 18\% = 2280$ руб.

Д-т 91/9 К-т 99 – $185200 - 170000 - 2280 = 12920$ руб.

Доходы и расходы, связанные с договором по уступке прав требования на дебитор-

скую задолженность, у нового кредитора, фактически, как и у первоначального кредитора, отражаются в составе прочих доходов и расходов.

Как уже говорилось, для продажи долга согласие должника не требуется, но его письменное информирование обязательно. При получении извещения о переходе долга новому кредитору в бухгалтерском учете должника происходят изменения только в аналитическом учете по счету 60 «Расчеты с поставщиками и подрядчиками», на котором учтен долг, например:

Д-т 60 (новый кредитор) К-т 60 (первоначальный кредитор), т.к. согласно ст. 384 Гражданского кодекса РФ продажа долга сохраняет правовую его основу.

При гашении долга делается запись:

Д-т 60 (новый кредитор) К-т 51 – на сумму перечисленного долга новому кредитору.

Как видно, операции по уступке права требования очень сложны. Они требуют от бухгалтера внимательности и профессионализма. Бухгалтеру необходимо заранее разобраться во всех тонкостях таких сделок, чтобы уступка права требования была проведена полностью правильно без ущемления чьих-то прав, согласно постановлениям Гражданского и Налогового кодексов РФ [6].

Поэтому, чтобы избежать необходимости заключения договоров уступки права требования, чтобы предприятию исключить вероятность продажи долга и чтобы не нарушать одного из принципов бухгалтерского учета – осмотрительность, уже на этапе подготовки договора купли-продажи необходимо запрашивать учредительные документы, бухгалтерскую отчетность будущего покупателя, документы, подтверждающие полномочия представителя контрагента, сведения о банковских счетах и другую информацию [7].

Таким образом, подводя итог вышеизложенному, можно сделать вывод о том, что уступка права требования является неблагоприятной и вынужденной мерой для предприятий-кредиторов, кроме того, что в составе активов предприятия некоторое время числится имущество (дебиторская задолженность), которое извлечено из оборота на неопределенный срок, пока долг не будет продан, так в конечном итоге все это приведет к возникновению убытков, так как дебиторская задолженность зачастую реализуется по стоимости ниже фактической.

Список литературы

1. Елисеева О.В., Рябов А.Н. Виды, формы и порядок осуществления безналичных расчетов // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 8–2. – С. 405–408.

2. Основания и порядок перехода прав кредитора к другому лицу. Статья 382, Гражданский кодекс РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.gk-rf.ru (дата обращения: 27.10.2017).
3. Объем прав кредитора, переходящих к другому лицу. Статья 384, Гражданский кодекс РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.gk-rf.ru (дата обращения: 27.10.2017).
4. Приказ Минфина РФ от 31.10.2000 № 94н (ред. от 08.11.2010) «Об утверждении Плана счетов бухгалтерского учета финансово-хозяйственной деятельности организаций и Инструкции по его применению» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru (дата обращения: 27.10.2017).
5. Приказ Минфина России от 10.12.2002 № 126н (ред. от 06.04.2015) «Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету «Учет финансовых вложений» ПБУ 19/02» (Зарегистрировано в Минюсте России 27.12.2002 № 4085) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru (дата обращения: 27.10.2017).
6. Закариев О.З. Уступка права требования: правовые аспекты, бухгалтерский учет и налогообложение // Налоговый вестник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.nalvest.com (дата обращения: 07.11.2017).
7. Контроль дебиторской задолженности – Управление финансовыми рисками в системе экономической безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://studme.org> (дата обращения: 28.11.2017).

УДК 338.465.4

АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА МУНИЦИПАЛЬНЫХ УСЛУГ**Зиннурова Г.Р., Губайдуллина А.Р.***Институт социально-экономических исследований Уфимского научного центра РАН,
Уфа, e-mail: gylmira@list.ru*

Настоящая статья посвящена анализу теоретических и методических подходов к оценке качества муниципальных услуг. Выявлены их достоинства и недостатки. Авторами предлагается методика оценки качества муниципальных услуг на основе таких принципов, как обеспечение открытой и общедоступной информации получателям муниципальных услуг, предоставление права выбора получателям муниципальных услуг в отношении видов муниципальных услуг и способов их получения, обеспечение эффективных управленческих решений в разрешении жалоб получателей муниципальных услуг. Методика основана на критериях, объединенных в группы: информационные, функциональные и эмоциональные. По предложенной методике качество муниципальных услуг могут оценить физические лица, органы государственной власти, органы местного самоуправления, бюджетные учреждения, а также иные юридические лица или независимые эксперты.

Ключевые слова: муниципальная услуга, качество муниципальных услуг, вопросы местного значения, муниципальное управление

THE ANALYSIS OF THEORETICAL AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING THE QUALITY OF MUNICIPAL SERVICES**Zinnurova G.R., Gubaydullina A.R.***Institute of Social and Economic Research, Ufa Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Ufa,
e-mail: gylmira@list.ru*

This article is devoted to analysis of theoretical and methodological approaches to assessing the quality of municipal services. Identified their strengths and weaknesses. The authors propose a method of assessing the quality of municipal services on the basis of such principles as ensuring open and accessible information to beneficiaries of municipal services, granting freedom of choice to recipients of municipal services concerning the municipal services and ways of receiving them, ensuring the effective management decisions in resolution of complaints of recipients of municipal services. The technique is based on the criteria in groups: informational, functional and emotional. In the proposed method the quality of municipal services can assess by individuals, public authorities, local authorities, budget organizations, other legal persons or independent experts.

Keywords: municipal services, quality of municipal services, local issues, municipal management

Управление на муниципальном уровне является базовым, наиболее приближенным к населению. Основная деятельность органов местного самоуправления – определение потребностей населения и их полное удовлетворение, что реализуется через предоставление муниципальных услуг, которые обеспечивают ключевые составляющие качества жизни.

Управление предоставлением муниципальных услуг как область практической деятельности в нашей стране только начинает развиваться, научным сообществом обобщается европейский опыт, который может быть использован в нашей стране. Различным научно-теоретическим и практическим аспектам развития муниципальных услуг посвящены работы многих зарубежных и отечественных ученых и специалистов. Среди авторов, внесших свой вклад в изучение института управления муниципальными услугами, можно назвать К. Гренроос, Ю. Лехтинен, Я. Лехтинен, А. Парасураман, В. Зейтамль и Л. Берри, А.Н. Лунев, Н.Б. Пугачева и других. Вместе с тем в отечественной экономической науке

отмечается недостаток теоретических и методических разработок по рассматриваемой проблематике.

Если основываться на определении, приведенном в Федеральном законе Российской Федерации от 27 июля 2010 г. № 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг», то муниципальная услуга определяется как «деятельность по реализации функций органа местного самоуправления, которая осуществляется по запросам заявителей в пределах полномочий органа, предоставляющего муниципальные услуги, по решению вопросов местного значения, установленных в соответствии с Федеральным законом от 6 октября 2003 г. № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» и уставами муниципальных образований» [1, 2].

Среди недостатков данного определения можно отметить:

1) толкование муниципальных услуг как совокупности действий, выполняемых

исключительно по запросу заявителей, является неполной;

2) толкование предоставления муниципальных услуг только органами местного самоуправления является некорректным;

3) отсутствие разделения понятий «муниципальные услуги» и «функции органов местного значения». В определении муниципальных услуг используются в качестве синонима дефиниции «функция», в связи с чем муниципальные услуги утрачивают свой адресный характер;

4) подход законодателя к толкованию муниципальных услуг через их увязку с Федеральным законом от 6 октября 2003 г. № 131-ФЗ вносит еще большую неопределенность с определением круга муниципальных услуг.

С учетом указанных противоречий под муниципальной услугой предлагается понимать специфический вид услуг, не имеющих материально-вещественной формы, предоставляемых уполномоченными на то субъектами на основе прав, обращений получателей или обязанностей субъектов по предоставлению услуг безвозмездно или по регулируемым ценам в целях удовлетворения конкретной потребности получателей, организаций в рамках выделенных для этого законодательством полномочий и денежных средств в соответствии с нормативными правовыми актами Российской Федерации и нормативными правовыми актами субъектов Российской Федерации.

Важным аспектом предоставления муниципальных услуг является оценка их качества. Качество муниципальных услуг – это совокупность характеристик, которые придают им способность удовлетворять потребности получателей. Оценка этих характеристик и составляет оценку качества муниципальных услуг.

В рассмотренных выше нормативно-правовых актах, касающихся предоставления муниципальных услуг, не определены конкретные подходы и количественные критерии, которые можно использовать для оценки качества муниципальных услуг. При этом, проанализировав существующие подходы к оценке качества муниципальных услуг, можно раскрыть их содержание. Основные подходы к оценке качества муниципальных услуг представлены в табл. 1.

Двухфакторная модель оценки качества муниципальных услуг разработана профессором маркетинга и деканом факультета маркетинга Шведской школы экономики и делового администрирования К. Гренросом и основана на теории поведения потребителей. Согласно данной модели восприятие качества муниципальной услуги

происходит через соотношение между ожиданием и восприятием полученной услуги, оценка восприятия полученной услуги выражается через два аспекта – технический аспект (что получает клиент) и функциональный (как получает клиент услугу) [3].

В дальнейшем двухфакторная модель была расширена, дополнена и послужила основой для создания трехфакторной модели оценки качества муниципальных услуг, разработанной финскими учеными Ю. Лехтиненом, Я. Лехтиненом. Трехфакторная модель оценки качества муниципальных услуг аналогична двухфакторной и также основана на теории поведения потребителей и базируется на подтверждении/неподтверждении ожиданий потребителей. Качество муниципальной услуги оценивается через три качества и выражается как материальное качество (оргтехника, здание, офисы и т.д.), интерактивное качество (уровень обслуживания в момент взаимодействия получателей муниципальной услуги и субъекта, предоставляющего их) и корпоративное качество (имидж и репутация конкретного субъекта, предоставляющего муниципальные услуги) [3].

В отличие от двух- и трехфакторной моделей оценки качества муниципальных услуг, пятиступенчатая модель оценки качества, разработанная А. Парасураманом, В. Зейтамль и Л. Берри, не столько базируется на теории поведения потребителей, сколько на выявлении причин (так называемых отклонений/разрывов) несоответствия между ожиданиями получателей муниципальных услуг и реальным восприятием полученных муниципальных услуг. Согласно данной модели существует пять уровней оценки качества муниципальных услуг, на которых:

1) на первом уровне – возможно образование разрыва между ожиданиями получателей муниципальных услуг и их реальным восприятием руководством субъекта, предоставляющего данные муниципальные услуги;

2) на втором уровне – возможно образование разрыва между ожиданиями получателей муниципальных услуг и их отражением руководством субъекта, предоставляющего муниципальные услуги в регламентах и стандартах предоставления данных муниципальных услуг;

3) на третьем уровне – возможно образование разрыва понимания руководством субъекта, предоставляющего муниципальные услуги относительно ожиданий получателей муниципальных услуг и их отражением в регламентах и стандартах предоставления данных муниципальных услуг;

Таблица 1

Основные методические подходы к оценке качества муниципальных услуг

№ п/п	Наименование методики оценки качества	Сущность методологии оценки качества
1	Двухфакторная модель оценки качества услуг (основана на теории поведения потребителей) (К. Гренроос)	Различают техническое (что получает клиент) и функциональное качества (как получает клиент услугу)
2	Трехфакторная модель оценки качества услуг (Ю. Лехтинен, Я. Лехтинен)	Качество услуги оценивается как материальное качество (оргтехника, здание, офисы и т.д.), интерактивное качество (уровень обслуживания в момент взаимодействия получателей муниципальной услуги и субъекта, предоставляющего их) и корпоративное качество (имидж и репутация конкретного субъекта, предоставляющего муниципальные услуги)
3	Пятиступенчатая модель оценки качества услуг (А. Парасураман, В. Зейтамль и Л. Берри)	Наличие или отсутствие качества услуги должно рассматриваться как результат наличия или отсутствия разрывов на пяти уровнях
4	Внешняя оценка качества предоставления муниципальной услуги	Представляет собой мнение о качестве с точки зрения получателя муниципальной услуги как степень удовлетворенности услугой, т.е. сформированности у получателя услуги восприятия полученного обслуживания как соответствующего его ожиданиям
5	Внутренняя оценка качества предоставления муниципальной услуги	Рассматривает качество услуги с точки зрения субъекта, предоставляющего муниципальные услуги в виде совокупности качества внутренних процессов
6	Статистические методы оценки качества услуг: анкетирование, опрос, наблюдение (Свободное общество «Датавед»)	Понимается способ выявления мнения получателей муниципальных услуг о качестве оказываемых услуг при помощи проведения сбора статистической информации и интерпретация сводной оценки соответствия качества фактически предоставляемых муниципальных услуг ожиданиям получателей и/или стандарту предоставления муниципальных услуг
7	Экспертные методы оценки качества услуг	Представляют собой методы организации работы со специалистами-экспертами и обработки их мнений
8	Комплексные методы оценки качества услуг (Н.С. Мирзоян)	Подразумевают сочетание вышеназванных методов

4) на четвертом уровне – возможно образование разрыва между декларируемым в общественности и реальным качеством муниципальных услуг;

5) на пятом уровне – возможно образование разрыва ожидаемым и воспринятым качеством муниципальных услуг в момент взаимодействия получателей муниципальной услуги и субъекта, предоставляющего их. Разрыв на пятом уровне возникает как следствие на предыдущих четырех уровнях и математически выражается в сумме их разрывов [3].

При этом в качестве критериев оценки качества муниципальных услуг выступают такие показатели, как:

1) материальность – оргтехника, здание, персонал, наличие информационных материалов о предоставляемых субъектом муниципальных услугах;

2) надежность – возможность получить муниципальную услугу качественно и точно в срок;

3) отзывчивость – быстрое обслуживание и искреннее желание руководства и персонала субъекта, предоставляющего муниципальные услуги, помочь получателю муниципальной услуги;

4) убежденность – компетентность, ответственность и уверенность обслуживающего персонала субъекта, предоставляющего муниципальные услуги;

5) сопереживание – выражение заботы, вежливость и индивидуальный подход к каждому получателю муниципальной услуги.

Внешняя и внутренняя оценки качества муниципальной услуги рассматривают качество муниципальной услуги с точки зрения получателя и субъекта, предоставляющего данные услуги, как степень удовлетворенности услугой и совокупность качества внутренних процессов соответственно.

Под статистическими методами оценки качества муниципальных услуг понимается способ выявления мнения получателей муниципальных услуг о качестве оказыва-

емых услуг при помощи проведения сбора статистической информации и интерпретация сводной оценки соответствия качества фактически предоставляемых муниципальных услуг ожиданиям получателей и/или стандарту предоставления муниципальных услуг.

Так, в основе предлагаемой свободным обществом «Датавед» методики использованы статистические методы оценки (опрос и наблюдение), качество государственных услуг оценивается через деятельность руководителей и работников исполнительной власти, органов местного самоуправления муниципальных образований и подведомственных организаций [4]. Методика разработана в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 12 декабря 2012 г. № 1284 «Об оценке гражданами эффективности деятельности руководителей территориальных органов федеральных органов исполнительной власти (их структурных подразделений) и территориальных органов государственных внебюджетных фондов (их региональных отделений) с учетом качества предоставления ими государственных услуг, а также о применении результатов указанной оценки как основания для принятия решений о досрочном прекращении исполнения соответствующими руководителями своих должностных обязанностей», подготовленным во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2012 г. № 601 «Об основных направлениях совершенствования системы государственного управления».

Оценка качества предоставляемых государственных (муниципальных) услуг согласно методике рассчитывается путем получения средней арифметической по всем услугам, за которые отвечает конкретный государственный служащий, по территориальным образованиям, находящимся в зоне его ответственности. Алгоритм расчета оценки качества следующий:

1) составляется матрица ответственности государственного служащего, косвенно или непосредственно отвечающего за предоставление услуги;

2) осуществляется выборочное наблюдение прямым пересчетом показателей выборки для генеральной совокупности анкет;

3) производится фильтрация результатов опроса в соответствии с требованиями к аудитории опроса;

4) по результатам опроса формируется усредненная оценка каждой услуги из релевантных анкет;

5) производится расчет оценки качества предоставляемых государственных услуг

как соотношение сумм усредненных оценок услуг и сумм матриц ответственности государственных служащих;

б) осуществляется ранжирование государственных служащих на цветовые группы.

Результаты полученной оценки подлежат качественной визуальной интерпретации со значениями в интервале от 0 до 1, полученные оценки позволяют разработать комплекс мероприятий, направленных на повышение качества предоставления государственных услуг и эффективности деятельности по каждому руководителю или работнику, вовлеченному в оказание данных услуг [4].

Экспертные методы оценки качества услуг представляют собой методы организации работы со специалистами-экспертами и обработки их мнений. В качестве экспертов оценки качества муниципальных услуг могут выступать различные юридические и/или физические лица, имеющие опыт в данной деятельности.

Комплексные методы оценки качества услуг подразумевают сочетание вышеназванных методов. Н.С. Мирзоян предлагает комплексную методику оценки качества предоставляемых государственных (муниципальных) услуг, основанную на совместном учете объективных и субъективных характеристик [5].

В качестве информационной базы для расчета индекса качества предоставления государственных (муниципальных) услуг на основании статистического метода (анкетирование) определены четыре показателя:

1. Оценка удовлетворенности качеством содержания услуги.

2. Оценка комфортности и доступности условий, в которых оказывается услуга.

3. Оценка удовлетворенности количеством ресурсов, затрачиваемых получателем на получение услуги.

4. Оценка удовлетворенности качеством параметров электронного интерфейса оказания государственной и муниципальной услуги.

Далее данные по каждому показателю подлежат количественной градации и ранжированию.

На втором этапе производится расчет оценки соответствия качества фактически предоставляемых государственных (муниципальных) услуг стандартам качества государственных (муниципальных) услуг по каждому субъекту, предоставляющему государственные (муниципальные).

Результаты полученной оценки подлежат качественной интерпретации со значениями в интервале от 0 до 100, полученные оценки позволяют разработать комплекс

мероприятий, направленных на повышение качества предоставления государственных (муниципальных) услуг [5].

Таким образом, для оценки качества муниципальных услуг используют различные методики, каждая из которых имеет недостатки, преимущества и особенности. Существующие подходы к оценке качества муниципальных услуг объединяет то, что их важной составляющей является учет мнения получателя о качестве услуг [6].

Вместе с теоретическими исследованиями оценки качества муниципальных услуг, органы власти осуществляют деятельность в данном направлении для внедрения практической оценки. В федеральных и региональных нормативно-правовых актах выделяются целевые показатели качества предоставляемых государственных и муниципальных услуг, такие как доступность услуг, комфортность получения услуг, удовлетворенность получателей, но на практике наименование и конкретные значения показателей определяются муниципальными образованиями самостоятельно с учетом специфики предоставляемой муниципальной услуги, возможностями муниципального образования. Для органов местного самоуправления важно не только оценивать значения этих показателей в ретроспективе, но и прогнозировать их на ближайшую перспективу для принятия эффективных управленческих решений в данной сфере [7].

Несмотря на то, что определенные шаги в этом направлении предпринимались и предпринимаются, универсальной и общепризнанной методики комплексной оценки качества муниципальных услуг экономистами в настоящее время не выработано. Учитывая сказанное, авторами предлагается методика оценки качества муниципальных услуг, основанная на следующих принципах:

1) использование статистических методов (опроса и/или анкетирования) как среди получателей муниципальных услуг с целью выявления актуальных потребностей, уровня удовлетворенности качеством получаемых услуг и их ожиданий, так и сотрудников всех учреждений, предоставляющих муниципальные услуги, для выявления недостатков в работе;

2) обеспечение открытой и общедоступной информации получателям муниципальных услуг, в том числе и по процессу обжалования полученных услуг;

3) предоставление права выбора получателям муниципальных услуг в отношении видов муниципальных услуг и способов их получения;

4) обеспечение эффективных управленческих решений в разрешении жалоб получателей муниципальных услуг.

По мнению авторов, качество муниципальных услуг может быть оценено с применением критериев, объединенных в группы: информационные, функциональные и эмоциональные (табл. 2).

Таблица 2

Показатели для оценки качества муниципальных услуг

Информационные	Функциональные	Эмоциональные
1. Доля числа исполненных в срок заявлений о получении муниципальных услуг. 2. Доля соблюдения требований законодательных нормативно-правовых актов по стандартизации и регламентированию муниципальных услуг. 3. Доля получателей муниципальных услуг, удовлетворенных качеством информации о порядке их предоставления. 4. Доля муниципальных услуг, информация о которых доступна через электронные формы и интернет. 5. Доля обоснованных жалоб, по результатам рассмотрения которых были приняты меры и получателям муниципальных услуг направлены ответы и др.	1. Доля соблюдения нормативов санитарных требований. 2. Доля получателей муниципальных услуг, удовлетворенных условиями ожидания. 3. Доля получателей муниципальных услуг, принятых в течение установленных 15 минут от назначенного им времени приема. 4. Доля муниципальных услуг, которые можно получить с использованием терминальных устройств и сети Интернет. 5. Средняя удаленность получателей муниципальных услуг от места их предоставления и др.	1. Доля заявлений на получение муниципальных услуг, заполненных верно. 2. Доля потребителей удовлетворенных качеством процесса предоставления услуги. 3. Доля потребителей, удовлетворенных вежливостью персонала и др.

В группу информационных критериев входят надежность, безопасность, контакт с получателем, разрешение жалоб и конфликтов, а также полнота, доходчивость и доступность информации о порядке предоставления муниципальных услуг.

В группу функциональных критериев входят территориальное расположение, санитарно-гигиенические условия помещения, комфортность условий в помещении, в котором предоставляются муниципальные услуги, время ожидания в очереди и время оказания услуги, вежливость и компетентность сотрудника, взаимодействующего с заявителем при предоставлении муниципальных услуг, предоставления услуг с использованием терминальных устройств, сети Интернет и прочее.

В группу эмоциональных критериев входят точность, аккуратность, качество результатов труда сотрудника, взаимодействующего с заявителем при предоставлении муниципальных услуг, и удовлетворенность получателя услуг.

Таким образом, критерии качества муниципальных услуг, включая их доступность, – это совокупность количественных и качественных показателей, позволяющих измерять, учитывать, контролировать и оценивать результат предоставления данных услуг.

Оптимальным методом получения вышперечисленной информации является проведение социологических опросов получателей муниципальных услуг. Социологические опросы выбраны в качестве используемого метода оценки, потому что они отражают действительные, а не стандартизированные значения показателей. Также подобный метод оказывается весьма простым, экономичным инструментом сбора данных, поскольку дает возможность судить о состоянии и тенденциях качества предоставляемых муниципальных услуг и оперативным, поскольку результаты, полученные на основе выборки, не требуют дополнительных математических обработок с помощью программных средств.

По предложенной методике качество муниципальных услуг могут оценить физические и юридические лица, органы власти, бюджетные учреждения, иные юридические лица или независимые эксперты. В общем виде долю каждого вышперечисленного показателя можно определить как отношение фактически достигнутого значения показателя к его плановому или к их общей сумме, а сводный показатель

качества муниципальных услуг – как сумма баллов по каждому вопросу по каждой группе (информационных, функциональных и эмоциональных критериев), входящих в опросный лист, умноженных на их весовой коэффициент.

По полученному значению сводного показателя муниципальные услуги подлежат ранжированию. После ранжирования составляется перечень муниципальных услуг, по которым в дальнейшем существует необходимость разработки комплекса мероприятий, направленных на повышение качества данного вида муниципальных услуг.

Предлагаемая методика позволяет оценить качество муниципальных услуг на различных этапах их предоставления, учитывая при этом причинно-следственные связи и мнения получателей муниципальных услуг.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ № 17-32-01142 «Оценка организационно-экономических последствий территориальной трансформации муниципальных образований региона (на примере Республики Башкортостан)».

Список литературы

1. Федеральный закон от 27 июля 2010 года № 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг» (ред. от 15.02.2016) [Электронный ресурс] // Справочная правовая система «Консультант плюс». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103023.
2. Федеральный закон от 06 октября 2003 года № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (ред. от 15.02.2016) [Электронный ресурс] // Справочная правовая система «Консультант плюс». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_44571.
3. Филатова Т.А. Критерии оценки качества услуг в сервисной организации // Российское предпринимательство. – 2013. – № 6. – С. 82–87.
4. Методика оценки качества государственных услуг, предложенная свободным обществом «Датавед» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.dataved.ru/2013/08/monitoring-of-public-service.html>.
5. Мирзоян Н.С. Оценка качества предоставления государственных (муниципальных) услуг // Известия Тульского государственного университета. – 2010. – № 2. – С. 34–45.
6. Гайнанов Д.А., Зиннурова Г.Р. Система предоставления муниципальных услуг на основе клиентоориентированного подхода // Управление экономикой: методы, модели, технологии: Материалы XVI Международной научной конференции. – Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2016. – С. 29–32.
7. Атаева А.Г., Орешников В.В. Проблемы прогнозирования и сценарного моделирования социально-экономического развития территориальных систем // Проблемы прогнозирования и сценарного моделирования социально-экономического развития территориальных систем. – Сборник статей I Научной школы молодых ученых. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2012. – С. 10–33.

УДК 336.77

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В РОЗНИЧНОМ ЭКСПРЕСС-КРЕДИТОВАНИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

¹Мастяева И.Н., ²Воловатова Е.Г.

¹ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Москва, e-mail: imastyaeva@mail.ru;

²АО «ОТП Банк», Москва, e-mail: e.volovatova@icloud.com

Настоящая статья посвящена исследованию современных тенденций на рынке розничного экспресс-кредитования. Несмотря на то, что многие предвещали падение доли таких кредитов за счет массового распространения кредитных карт, потребности клиентов получить небольшие кредиты на выбранный товар непосредственно в точках продаж растут, экспресс-кредитование продолжает наращивать обороты. Банкам, выдающим кредиты в торговых точках, важно уметь управлять возникающими рисками для минимизации неизбежных потерь. При этом, чтобы обеспечить доходность по продукту и справиться с высокой конкуренцией на рынке, банк должен уметь принимать решение по выдаче таких кредитов в максимально короткие сроки, полностью автоматизировав данный процесс. В статье рассматривается, какими данными владеют организации в момент принятия решения по заявке, какие могут использовать в системах принятия решений, какие методы управления рисками могут применять. Современное развитие кредитования привело к тому, что постепенно многие банки в той или иной степени сокращают анкету, которую заполняет клиент при запросе кредита, соответственно, банки вынуждены отказываться от заявочных перемных и не использовать их в скоринговых моделях. Тем не менее при всей сложности оценки клиента экспресс-кредитование является достаточно прибыльным для банка.

Ключевые слова: розничное кредитование, скоринговая система, экспресс-кредитование, кредитные риски, кредитный портфель

RISK MANAGEMENT IN THE RETAIL EXPRESS-LOANS: MODERN TRENDS

¹Mastyaeva I.N., ²Volovatova E.G.

¹Federal State Budget Educational Institution of Higher Education

«Plekhanov Russian University of Economics», Moscow, e-mail: imastyaeva@mail.ru;

²АО «ОТП Банк», Moscow, e-mail: e.volovatova@icloud.com

This article is dedicated to the research of modern trends on the market of express loans. Despite the fact it was believed that the share of express loans would significantly decrease due to mass distribution of credit cards, customers' needs to buy goods on credit is growing. Banks dealing with express loans should manage all the risks to minimize the losses. To have margin and to cope with competitors, banks should have automatical and very fast decision process. This article shows what kind of data banks can have in the decision process and how banks can manage its risks. Modern trend is to minimize an application form therefore banks can't use social information in the scorecards. Nevertheless, express loans are quite marginable for credit organizations.

Keywords: retail lending, scoring system, express loans, credit risks, credit portfolio

Потребности клиентов получить небольшие кредиты на выбранный товар непосредственно в точках продаж растут, POS-кредитование (от англ. point of sales – точка продаж, синоним – экспресс-кредитование) наращивает свои обороты.

Многие относятся скептически к данному виду кредита, ссылаясь на необдуманность покупок и большую переплату в связи с высокими процентами [1]. Тем не менее для большого числа населения POS-кредит позволяет сделать покупки, которые собственными средствами клиент оплатить единообразно не может. Согласно [2], преимуществами таких кредитов для клиента являются:

– Возможность сразу купить понравившуюся вещь. В настоящее время принятие решения по таким кредитам в среднем составляет от 30 секунд до 15 минут в зависи-

мости от категории товара и запрошенной суммы [3].

– Защита от инфляции и обесценивания денежных средств. Клиент приобретает товар по фиксированной на сегодняшний день цене. При самостоятельном накоплении цена на товар может вырасти со временем [4].

– Такие покупки наносят меньший урон семейному бюджету, так как сумма выплачивается небольшими частями. Средний ежемесячный платеж по такому кредиту составляет 5–10 тысяч рублей.

– Возможность получить кредит гражданами даже с плохой кредитной историей. Банки и МФО достаточно лояльны при принятии кредитного решения, наличие просроченной задолженности в кредитной истории может не являться стоп-фактором в принятии решения. В основном клиент оценивается общим скоринговым баллом.

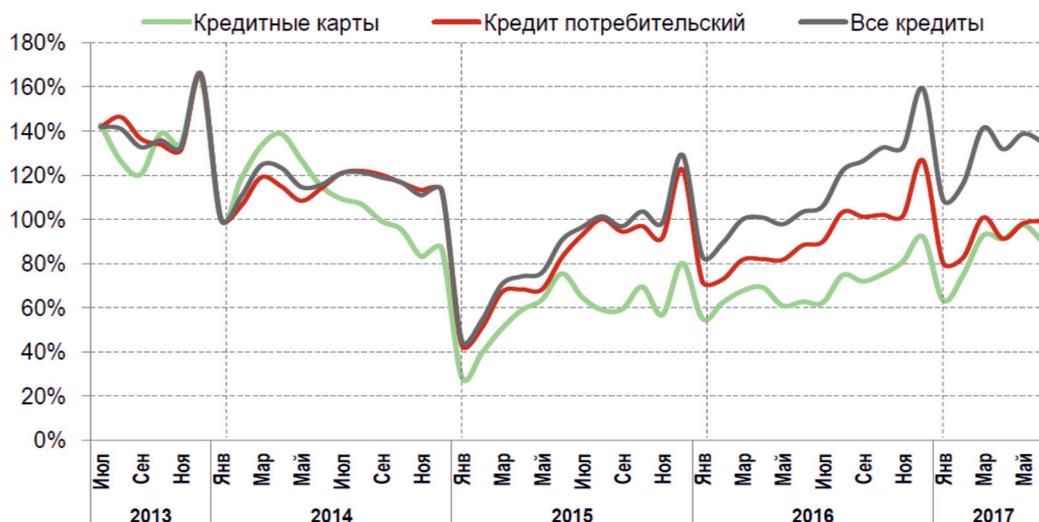


Рис. 1. Количество выданных кредитов: кредитные карты, потребительский кредит

– Часто для заемщиков устраиваются специальные акции, позволяющие купить товары по сниженной цене – так называемые «Промо» кредиты или кредиты «Без переплаты», когда общая сумма ПСК по кредиту составляет ровно первоначальную цену товара. Доход с таких кредитов небольшой, но при этом позволяет банкам существенно увеличивать свою клиентскую базу хорошим потоком заемщиков. Для клиента такой кредит равносильен обычной рассрочке платежа, т.е. вдвойне выгоден с точки зрения защиты от инфляции. Доход банка от такого рода кредитов составляет величина скидки, которую предоставляет торговая организация на товар, если клиент его приобретает в кредит. Размер скидки определяет процент, который назначается для данного кредита. Торговой организации такое кредитование также выгодно, поскольку позволяет увеличить оборот товаров.

Многие предвещали падение доли экспресс-кредитования за счет массового распространения кредитных карт [5]. Но, как показывает график на рис. 1, имеет место падение в среднем в 1,5 раза количества выдаваемых кредитных карт в 2017 г. по сравнению с 2013 г. Выдачи потребительских кредитов (к которым относится и экспресс-кредитование) сейчас примерно на уровне 2014 г.

На рис. 1 представлена статистика количества выданных кредитов начиная со второй половины 2013 г., согласно аналитическому отчету БКИ Эквифакс «Обзор рынка розничного кредитования в России» [6].

В 2017 г. некоторые банки начали предлагать комбинированное решение: экс-

пресс-кредит на кредитной карте. Это новый формат карты, которая позволяет совершать покупки за кредитные средства с системой рассрочки для клиента. При оформлении классической кредитной карты банк выдает клиенту лимит средств и фиксирует процентную ставку за пользование деньгами банка. Базовое отличие нового типа карты заключается в том, что проценты банку платит не клиент, а магазин, в котором на кредитные средства совершается покупка (та же система «Без переплаты»). В итоге клиент получает деньги, магазин получает выручку, а банк получает проценты. Однако при всем удобстве, к явным минусам такой карты можно отнести следующие ее особенности:

- ограниченность в использовании карты: оплатить ей товары и услуги можно только в определенных магазинах, с которыми заключены партнерские отношения;

- как следствие, большинство таких магазинов являются изначально довольно дорогими;

- срок возврата долга жестко ограничен: в среднем составляет 2–3 месяца, в отличие от экспресс-кредита, где средний срок составляет 12–14 месяцев.

В настоящее время наблюдается восстановление рынка кредитования после кризиса конца 2014 г. по всем типам кредитов до уровня выданных началу 2014 г. Из рис. 1 видно, что в начале 2015 г. многие банки ужесточили свою кредитную политику, но потребность в кредите у населения осталась на прежнем уровне. Сейчас кредитные организации вынуждены снимать введенные ужесточения, чтобы восстановить объемы

выдач и справляться с жесткой конкуренцией на рынке кредитования. Если во время кризиса многие кредитные организации имели в стратегии принятия решений жесткий отказ даже в случае небольших просроченных задолженностей в кредитной истории потенциальных заемщиков, то сейчас наличие негативной информации в кредитных отчетах уже не является однозначным стоп-фактором. Также кредитные организации не так осторожно, как во время кризиса, относятся к стратегии назначения лимита: не столько исходят от коэффициента за кредитованности клиента, позволяя ему быть достаточно высоким, сколько оценивают кредитную сознательность клиента и основываются на успешности уплаты других кредитов данным клиентом в прошлом.

Если проследить динамику по количеству выданных кредитов начиная со второй половины 2013 г. для МФО (микрофинансовых организаций), то видим, что согласно отчету Эквифакс, количество выданных МФО займов неуклонно растет. За 2015 г., когда банки с осторожностью выдавали кредиты населению, объемы кредитования в МФО выросли в 2 раза. За 2016 г. МФО еще в 2 раза увеличил объемы своих выдач [6].

Применительно к экспресс-кредитованию многие торговые организации используют брокерское программное обеспечение; заявка по кредиту сразу уходит во все подключенные банки и МФО. Далее клиенту озвучиваются принятые решения, клиент выбирает, с какой из одобренных кредит организаций он будет оформлять договор. Особенность ПОС-кредитов состоит в том,

что имеется большой объем поступающих кредитных заявлений и небольшой доход в расчете на одного клиента. В отличие от МФО, банки ограничены максимальной процентной ставкой со стороны ЦБ РФ, которая может быть установлена на продукты такого рода. Чтобы обеспечить доходность по продукту и справиться с высокой конкуренцией на рынке, банк должен уметь принимать решение по выдаче таких кредитов в максимально короткие сроки, полностью автоматизировав данный процесс [7].

Кризис 2014 г. и ужесточение кредитной политики банков повлиял на существенный рост доли клиентов, имеющих займы в МФО. К середине 2017 г. доля клиентов, имеющих хотя бы один микрозайм, составляет 8,1%, в то время как в 2013 г. эта доля составляла менее 1% [6]. Конкуренция на рынке потребительских кредитов возрастает: микрофинансовые организации укрепили свои позиции и являются полноценными участниками в экспресс-кредитовании. Тот факт, что к МФО предъявляется меньше требований со стороны ЦБ РФ, чем к банкам, позволяет им выдавать кредиты с большим риск-аппетитом, т.е. выдавать кредиты с большей вероятностью дефолта.

Банкам, выдающим кредиты в торговых точках, важно уметь управлять возникающими рисками для минимизации неизбежных потерь [8]. Рассмотрим, какими данными владеют организации в момент принятия решения по заявке, какие могут использовать в системах принятия решений, какие методы управления рисками могут применять [9, 10].

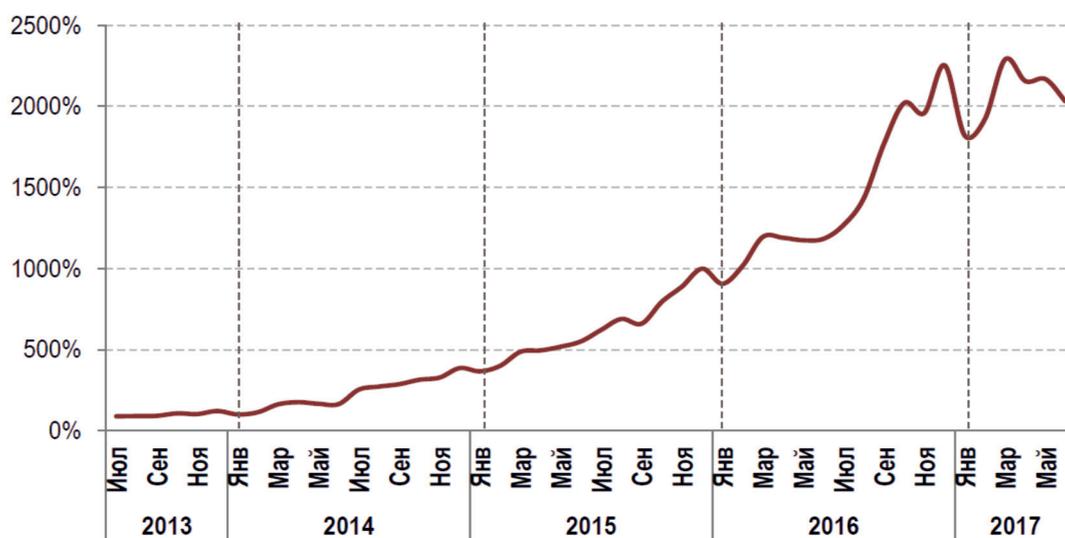


Рис. 2. Объемы кредитования МФО

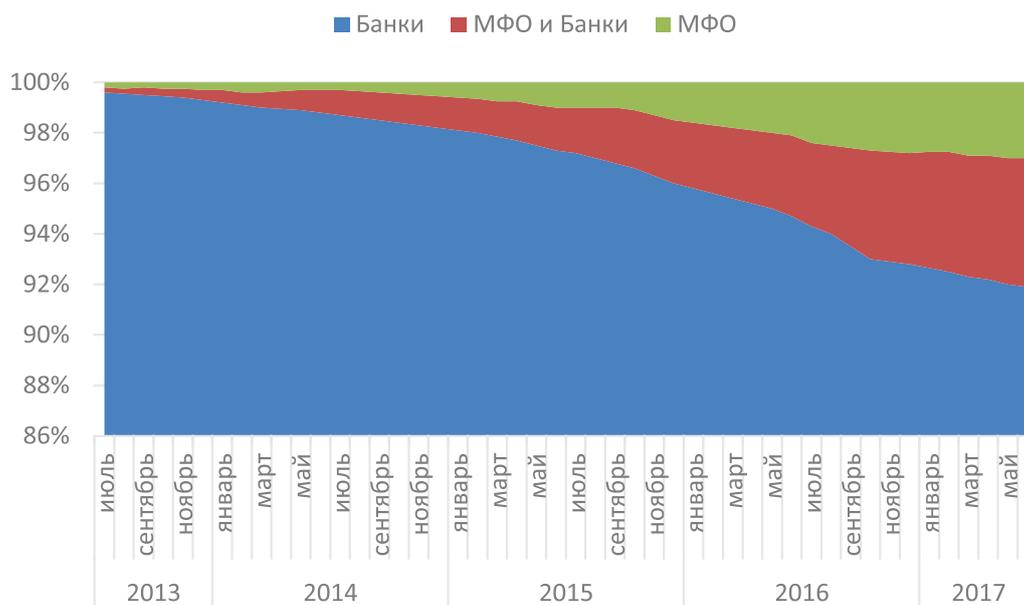


Рис. 3. Распределение клиентов между банками и МФО

Стандартные группы параметров, которые используются в скоринговых системах в настоящий момент:

1. Персональные данные (ФИО, ДР, паспортные данные, адрес регистрации, мобильный телефон). Указываются всегда при подаче заявления.

2. Заявочные переменные (то, что указывается в расширенной анкете при подаче заявки – пол, возраст, персональный доход и т.п.). В современных условиях не для всех заявок требуется заполнять расширенную анкету.

3. Внутренняя информация (если этот клиент уже был нашим клиентом либо ранее обращался в банк и в нашей CRM системе есть дополнительная информация по нему, система локального хантера).

4. Бюро кредитных историй (информация по кредитам потенциального заемщика, информация по запросам на кредиты).

5. Антифрод сервисы (внешние платные сервисы, которые указывают на вероятность мошенничества со стороны клиента или сотрудника, оформляющего сделку). Примеры таких сервисов: FPS, National Hunter, НБКИ AFS, сайт ФМС, Кронос «Экспертиза заемщика» и др.

6. Сервисы по мобильному телефону (информация по платежам с использованием мобильного телефона). Примеры: информационные сервисы от платежных сервисов (Киви, Киберплат), информация для банков от операторов сотовой связи).

7. Сервисы биг дата (информация из социальных сетей, информация по работодателю типа СПАРК и др.) [11]. Данные сервисы в стадии пока в основном развития, но имеют большой потенциал для применения [12].

Современное развитие кредитования привело к тому, что постепенно многие банки в той или иной степени сокращают анкету, которую заполняет клиент при запросе кредита (уменьшая группу 2 переменных). Кроме того, следует отметить самую свежую тенденцию – вообще отказаться от группы параметров 2 и использовать только группы 1, 3–7. Переменные пункта 1 указываются всегда при подаче заявки, поскольку они являются необходимым атрибутом для осуществления запросов по пунктам 3–7.

Постепенный уход от заявочных переменных, которые всегда использовались ранее во всех скоринговых системах, вызван многими причинами:

- банки вынуждены быть клиентоориентированными, сокращать время не только на принятие собственного решения, но и время на заполнение кредитной анкеты;

- на торговых точках в условиях большого потока клиентов нет возможности заполнять большую анкету,

- есть большая вероятность операционного риска – искажение анкетной информации со стороны потенциального заемщика или сотрудника торговой точки. Анкетные данные для POS-кредитов никак нельзя

проверить (например, женат или не женат, сколько иждивенцев и т.д., заполняются со слов клиента и могут быть заполнены как угодно). Кроме того, экспресс-кредитование активно развивается через интернет, где вероятность мошенничества особенно высока.

– применимость полей, указанных в анкете не так очевидна. Например, для экспресс-кредитов статистика показывает, что персональный доход не так важен, как важен в обычных кредитах. Для данного вида кредитов важен доход на все домохозяйство, который трудно учесть при подаче заявки.

Также в настоящее время многие кредитные организации ищут пути использования биг даны не только в качестве дополнительного источника информации, но и как возможность применения искусственного интеллекта для получения самообучающихся моделей [13]. Одним из таких методов является эволюционное программирование, подробнее с которым можно ознакомиться в [14]. Суть метода состоит в том, что в своей основе он имеет идею применения дарвиновской эволюции к программе. Цель эволюции – улучшить качество существующего решения в результате случайных мутаций, пока полученный результат не окажется лучшим и более стабильным. Данный механизм можно применить в кредитных рисках при построении скоринговых карт. Вместо того, чтобы каждые 1–2 года наблюдать, что текущая скоринговая карта утратила со временем свою разрешающую способность и необходимо разработать новую карту с нуля, можно периодически использовать метод эволюционного программирования. Применение подобного метода позволит значительно сэкономить ресурсы на разработку новой модели (в среднем разработка скоринговой карты с нуля занимает от 3 до 6 человеко-месяцев), а также обеспечить наличие своевременно обновленной модели. Однако необходимо учесть, что необходим ручной мониторинг во избежание внедрения нелогичных либо нестабильных изменений, которые улучшают модель только локально, но во времени этот эффект не закрепляется.

При всей сложности оценки клиента экспресс-кредитование является достаточно прибыльным для банка. В условиях того, что в российской экономике кризисы – явление не столь редкое, методология многих банков требует закладывать некий буфер (стресс) на случай кризиса, т.е. прогнозировать возможные дополнительные потери с учетом возможного кризиса. Таким образом, закладывая буфер, кредитные организации заведомо недополучают

прибыль в стабильных ситуациях. В случае экспресс-кредитов в большинстве случаев такой стресс необязателен, поскольку в основном кредит выдается на короткий срок, эффект от кризиса наступает не сразу, с большой вероятностью клиент сможет погасить кредит, поскольку платить остается всего несколько месяцев при небольшом ежемесячном платеже. Таким образом, если наступает кризисное время, то достаточно быстро адаптировать стратегию принятия кредитного решения для новых выданных. Поэтому в бизнесе кредитов данного вида доходность может быть существенно выше, поскольку оборачиваемость портфеля происходит чаще.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 17-06-00193).

Список литературы

1. Шевчук Д.А. Кредиты физическим лицам (ипотека, автокредит, нецелевые кредиты) / Д.А. Шевчук. – М.: АСТ: Астрель, 2008. – 119 с.
2. Goldberg M., Palladini E. Managing Risk and Creating Value with Microfinance. World Bank Publications, 2010.
3. Ефимова М.С. Все о кредитах для населения / М.С. Ефимова. – М.: Научная книга, 2009. – 215 с.
4. Николаева Т.П. Деньги, кредит, банки / Т.П. Николаева. – М.: ФЛИНТА, 2015. – 377 с.
5. Даниленко С.А. Банковское кредитование: учебно-практическое пособие / С.А. Даниленко, М.В. Комиссарова – М.: ЮСТИЦИНФОРМ, 2011. – 383 с.
6. Аналитический отчет БКИ Эквифакс «Обзор рынка розничного кредитования в России. Август 2017» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.equifax.ru/documents> (дата обращения: 10.11.2017).
7. Щукина Н.А. Дискретно-событийное моделирование деятельности отделения банка в среде SIMEVENTS системы MATLAB+SIMULINK / Н.А. Щукина, Г.И. Горемыкина, И.А. Тарасова // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 10–2. – С. 452–456.
8. Применение метода логистической регрессии для прогнозирования вероятности дефолта при экспресс-кредитовании / Е.Г. Снегова // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2013. – № 5. – С. 22–31.
9. Мастяева И.Н. Исследование операций и методы оптимизации / И.Н. Мастяева, Г.И. Горемыкина, О.Н. Семенихина. – М.: МЭСИ, 2015. – 289 с.
10. Мастяева И.Н. Методы оптимальных решений / И.Н. Мастяева, Г.И. Горемыкина, О.Н. Семенихина. – М.: КУРС: ИНФРА-М, 2016. – 384 с.
11. Foreman J.W. Data Smart: Using Data Science to transform information into insight. Wiley, 2014.
12. Горемыкина Г.И. Моделирование системы риск-менеджмента в компаниях энергетического сектора / Г.И. Горемыкина, И.Н. Мастяева, А.А. Федорчук // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2015. – № 5(290). – С. 10–22.
13. Siegel E. Predictive analytics: The power to predict who will click, buy, lie or die. Wiley, 2016.
14. Zucconi A. Evolutionary computation, 2016. URL: <https://www.alanzucconi.com/2016/04/06/evolutionary-computation-1/> (accessed September 20, 2017).

УДК 339.13

АНАЛИЗ ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА РИСОВОГО ЦЕХА НА БАЗЕ ФГПУ РПЗ «КРАСНОАРМЕЙСКИЙ»

¹Моисеев В.В., ²Логвинов А.В., ³Нусхинова О.Д.

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар,
e-mail: moiseew_w@rambler.ru;

²ФГБНУ «Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свёклы», Гулькевичи,
e-mail: Imaybest@mail.ru;

³Краснодарский университет министерства внутренних дел Российской Федерации, Краснодар,
e-mail: olga_elista@mail.ru

Целью статьи является изучение современного состояния рынка, продвижения продукции отрасли АПК. В настоящее время в Краснодарском крае стоит задача приоритетного производства риса и переработки его с помощью создания цеха. Создание данного предприятия позволит получить экономический эффект – прибыль и рентабельность. Для нужного результата необходимо провести анализ хозяйственной деятельности предприятия. При проведении анализа сельскохозяйственного предприятия особое внимание необходимо направить на выявление роста валовой продукции в хозяйстве, а также выявление резервов предприятия. В статье детально изучена проблема повышения эффективности сельскохозяйственных отраслей. Для повышения эффективности предприятия был предложен инновационный проект «Производство рисовых макарон». Данный проект конкурентоспособен, экономически обоснован, нацелен на инновационное развитие сельскохозяйственного предприятия. В статье проанализирована динамика чувствительности проекта, анализ чистой приведенной стоимости. В целом проект может быть применен в крупных хозяйствах, занимающихся производством риса. Рекомендации, которые приведены в статье, способствовали бы укреплению экономики в приведенном хозяйстве и в Краснодарском крае в целом.

Ключевые слова: рис, анализ чувствительности, проект, динамика производства, себестоимость, срок окупаемости, риск, финансовый результат, рентабельность, прибыль, мероприятия, разработанные предложения

ANALYSIS OF THE FINANCIAL RISKS OF THE CONSTRUCTION OF THE RICE WORKSHOP ON THE BASIS OF FGPU RPZ «KRASNOARMEYSKY»

¹Moiseev V.V., ²Logvinov A.V., ³Nuskhinova O.D.

¹Kuban State Agrarian University, Krasnodar, e-mail: moiseew_w@rambler.ru;

²Pervomayskaya Selection Experimental Station of sugar beet, Gulkevichi, e-mail: Imaybest@mail.ru;

³Krasnodar University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Krasnodar, e-mail: olga_elista@mail.ru

The purpose of the article is to study the current state of the market, promote the products of the agro-industrial complex. At present, the Krasnodar region faces the priority task of producing rice and processing it with the help of a workshop. The creation of this enterprise will allow to obtain an economic effect – profit and profitability. For the required result it is necessary to conduct an analysis of the economic activity of the enterprise. When conducting an analysis of an agricultural enterprise, special attention should be paid to identifying the growth of gross output in the farm, and also to identify the reserves of the enterprise. The article explored in detail: the problem of increasing the efficiency of agricultural industries. To increase the efficiency of the enterprise, an innovative project «Production of rice macaroni» was proposed. This project is competitive, economically justified, aimed at the innovative development of an agricultural enterprise. The article analyzes the dynamics of project sensitivity, analysis of net present value. In general, the project can be applied in large farms engaged in the production of rice. The recommendations given in the article contributed to the strengthening of the economy in the above-mentioned farm and in the Krasnodar Territory as a whole.

Keywords: rice, sensitivity analysis, project, production dynamics, prime cost, payback period, risk, financial result, profitability, profit, activities, developed proposals

Экономическая теория определяет категорию эффективности как эффективность производственного процесса, производственной системы или конкретной формы управления. В наиболее общей форме экономическая эффективность производства представляет собой количественное соотношение двух величин – результаты экономической деятельности и понесенные затраты (в любой пропорции). Исторически сложилось так, что при всех способах производства, независимо от форм собствен-

ности производителя, соотношение между затратами и результатами их деятельности представляет интерес.

В условиях рынка проблема повышения эффективности сельскохозяйственных отраслей становится первостепенной, поскольку эффективность экономической деятельности во многом определяет возможность расширенного воспроизводства и уровень удовлетворения потребности общества в продовольственном и сельскохозяйственном сырье, поэтому развитие

вопросов повышения эффективности производства в условиях рынка остается одной из насущных проблем современной экономической науки [1, с. 1405].

Для повышения эффективности на предприятии мы разработали инновационный проект «Производство рисовых макарон» в ФГПУ РПЗ «Красноармейский». Расчет, проведенный в этой работе, показал, что для реализации проекта требуется 55,3 млн рублей. Из них инновационное оборудование, которое обойдется в 25,8 млн рублей. Заработная плата составит за год 7989,7 тыс. рублей, в то время как в компании будет работать 24 человека. Строительство цеха – 21,5 млн рублей. Вся эта сумма необходимых инвестиций может быть взята из собственных ресурсов компании.

Объектом исследования является ФГУП РПЗ «Красноармейский» Всероссийский научно-исследовательский институт риса Красноармейского района – крупный диверсифицированный сельскохозяйственный бизнес в первую очередь агропромышленного сектора. Основными культурами, выращенными на фирме, являются зерно, кукуруза, соевые бобы.

Анализ земельного фонда на период с 2013 по 2015 г. ФГУП РПЗ «Красноармейский» Всероссийского научно-исследовательского института риса Красноармейского района показало, что состав и структура земли остались неизменными. Общая площадь составила 14164 гектара. В структуре сельскохозяйственных угодий 80,5% составляют пахотные земли, что составляет 96,6% для сельскохозяйственных культур, что указывает на не совсем эффективное использование земельных ресурсов. Наибольшую долю в структуре обрабатываемых районов составляют зерновые – в 2015 г. их посевы заняли 5584 гектара, 39,4% площадей, 5404 га приведены на рисунке.

Организация достаточно хорошо обеспечена трудовыми ресурсами, большинство работников занимаются сельскохозяйственным производством. В 2015 г. число рабочих увеличилось на 6 человек.

Себестоимость продукции увеличилась на 29,09% – с 681,2 млн рублей до 879,4 млн руб., в том числе себестоимость растениеводства увеличилась на 25%, а издержки производства продукции животноводства – на 54,5%.

Среднегодовая сумма оборотных средств увеличилась на 3% – с 1373328,5 тыс. рублей до 1422500 тысяч рублей. Энергоемкость в целом увеличилась на 0,8% с 43,9 тыс. л.с. 1 до 0,44236 л.с., но в сумме на 100 гектаров сельскохозяйственных угодий за тот же период они также снизились

на 9,6% – с 411,52 до 372,09 л.с., то есть потребление энергии уменьшилось.

В динамике анализируемых 3 лет загрузка пахотных земель на тракторе значительно увеличилась на 4,63%. Погрузка зерновых культур для комбайна снизилась на 3,5%.

Прибыль от продаж, полученных предприятием, увеличилась по отдельным позициям:

– на растениеводство индекс увеличился в 3 раза, где разница составила 369 268 тыс. руб., в животноводстве прибыль упала в 20 раз.

Показатели рентабельности проданной продукции показывают, что в целом динамика уровня рентабельности за отчетный период увеличилась с 25% до 66,8%. Поскольку показатели предыдущего периода были положительными, мы можем предположить, что эффективность экономической деятельности предприятия будет еще более улучшаться.

Коэффициент быстрой ликвидности в 2015 г. составил 189,6, что на 66 пунктов выше, чем в базовом году. Судя по динамике роста, можно сказать, что платежеспособность предприятия улучшается.

В 2015 г. уровень предоставления средств увеличился на 25,1%. Это связано с увеличением среднегодовой стоимости основных средств.

Производительность капитала – показывает, сколько готовой продукции приходится на 1 рубль основных средств. В 2015 г. этот показатель вырос на 0,27 рубля. Это указывает на то, что компания эффективно использует свои основные средства в течение 3 лет. Финансовая рентабельность показывает сумму прибыли на единицу основных средств. В 2015 г. этот показатель увеличился на 26,7% по сравнению с 2013 г. Таким образом, мы можем заключить, что стоимость предприятия стала меньше [2, с. 98].

Анализ сценариев разработки проектов позволяет оценить влияние на проект возможного одновременного изменения нескольких переменных на вероятность каждого сценария. Расчеты математического ожидания чистой приведенной стоимости представлены в табл. 1.

Ожидаемая стоимость чистой приведенной стоимости проекта составляет 36,6 млн рублей. Вероятность реализации проекта в базовом сценарии оценивается в 76%. При определенных обстоятельствах, таких как сокращение производства из-за неисправности в программном обеспечении электронной системы производства риса или отсутствие надлежащего контро-

ля со стороны персонала и т.д. Существует вероятность 14% реализации проекта под пессимистичным сценарий. Вероятность реализации проекта в оптимистическом сценарии составляет 10%.

Затем мы проанализируем чувствительность проекта.

Стоимость показателя рентабельности продаж увеличилась в 2 раза. Это связано с ростом объемов продаж, а также с изменением ассортимента продаж.

Наибольшую долю в структуре оборотных средств организации занимает статья «Акции». В 2015 г. 39,7%, что на 4,5% меньше, чем в 2013 г., и составляет 629790 тыс. рублей. Дебиторская задолженность – 1,6% в отчетном году, на 0,6% меньше, чем в базовом году. Доля краткосрочных финансовых вложений в отчетном году уменьшилась. Другие текущие активы составят 0,1% в структуре оборотных активов в 2015 г., показатель за 3 года не был низким. Что касается денежных средств, то этот показатель составляет 58,7 процентных пункта от общего оборота.

Анализ чувствительности – это оценка влияния изменений исходных параметров проекта на его конечные характеристики, которые обычно используют внутреннюю норму прибыли или NPV. Техника проведения анализа чувствительности заключается в изменении выбранных параметров в определенных пределах при условии, что остальные параметры остаются неизменными. Чем больше диапазон изменения параметров, при которых NPV или норма прибыли остаются положительными, тем более устойчивым является проект.

Анализ чувствительности выполняется для базового сценария реализации проекта. Результаты анализа представлены в виде табл. 2 и иллюстрируются графически.

Таким образом, в результате реализации разработанных мер финансово-экономические показатели предприятия будут улучшаться, а его рентабельность также улучшится. Увеличение чистой прибыли ФГПУ РПЗ «Красноармейский» составит 114,4 млн руб. Рентабельность продаж увеличится до 43,4% [3].

Таблица 1

Ожидаемое значение чистой приведенной стоимости проекта в ФГПУ РПЗ «Красноармейский»

Сценарий	NPV, тыс. руб.	Вероятность реализации сценария, %	Ожидаемое NPV, тыс. руб.
Базовый	377 227	76	36625,2
Пессимистический	164378	10	
Оптимистический	450866	14	

Таблица 2

Анализ чувствительности чистой приведенной стоимости проекта к изменению уровня цен на реализуемую продукцию

Результаты анализа	Изменение варьируемого параметра проекта, %						
	85%	90%	95%	100%	105%	110%	115%
1	2	3	4	5	6	7	8
Чистая приведенная стоимость (NPV), тыс. руб.	281215	313219	345223	377227	409231	441235	473239
Внутренняя норма рентабельности (IRR)	204,4%	223,6%	242,7%	261,7%	280,7%	299,6%	318,5%
Дисконтированный срок окупаемости (РВР)	0,63	0,57	0,53	0,49	0,45	0,42	0,40
Минимальный остаток денежных средств на счете, тыс. руб.	41374	50724,9	60075,8	69426,7	78777,6	88128,5	97479,4
Суммарная чистая прибыль за период анализа, тыс. руб.	376643	415300,8	453 958,3	492615	531273	569930	608588,3

Для реализации разработанных предложений необходимо потратить 55,3 млн руб. Эффект от реализации мер составит 195,8 млн рублей.

Этот процесс показывает экономическую эффективность конкретного предприятия и его ожидаемые риски при строительстве цеха.

На рисунке представлен график чувствительности проекта к изменению уровня цен на реализуемую продукцию.

Диаграмма чувствительности проекта иллюстрирует изменение чистой приведенной стоимости проекта в соответствии с изменением объема продаж. Если уровень цен отклоняется от базовой линии на 5%, NPV также снижает его стоимость [4, с. 92]. Риск снижения цены макарон на 15% не слишком убыточный и увеличивает срок окупаемости только до 0,92 года. Эффект от реализации разработанных мероприятий представлен в табл. 3.

Таким образом, в результате реализации разработанных мер финансово-экономические показатели предприятия будут улучшаться, а его рентабельность также улучшится. Увеличение чистой прибыли ФГПУ РПЗ «Красноармейский» составит 114,4 млн руб. Рентабельность продаж увеличится до 43,4%.

Для реализации разработанных предложений необходимо потратить 55,3 млн руб. Эффект от реализации мер составит 195,8 млн рублей.

Таким образом, определение экономического эффекта и выбор наиболее предпочтительных вариантов реализации инноваций требует, с одной стороны, превышения конечных результатов от их использования над затратами на разработку, производство и продажу, а также, с другой стороны, сравнение результатов, полученных с результатами использования других аналогичных целей инновационных вариантов с учетной ставкой 15%.

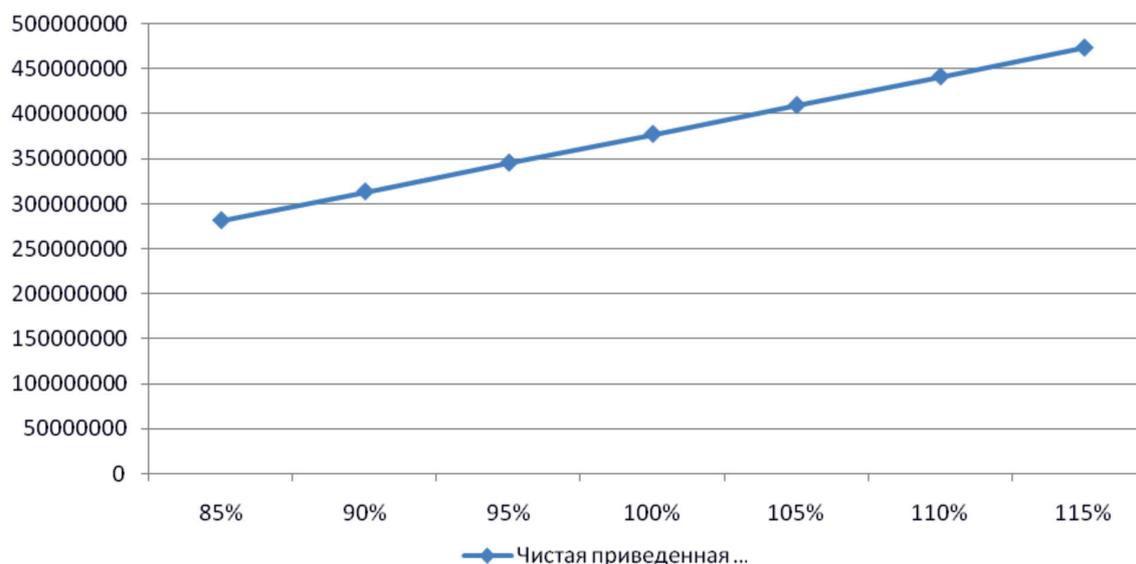


График чувствительности проекта

Таблица 3

Эффект от строительства рисового цеха на предприятии ФГПУ РПЗ «Красноармейский»

Показатели	2015 г.	2016 г.	2016 г. к 2015 г.	
			Отклонение, (+; -)	Темп роста, %
1. Выручка от продажи товаров, работ, услуг, тыс. руб.	1123287	1 319 117	195830	117,4
2. Себестоимость продаж, тыс. руб.	673369	746952	73583	110,9
3. Прибыль (убыток) от продаж, тыс. руб.	449918	572164	122246	127,2
4. Чистая прибыль (убыток) отчетного года, тыс. руб.	459950	574402	114452	124,9
5. Рентабельность продаж, %	40,0	43,4	3,4	-
6. Рентабельность продукции, %	69,0	76,9	7,9	-

Эффективное применение предложенной инновации способствует увеличению прибыли ФГПУ РПЗ «Красноармейский» на 15–20%. Кроме того, при строительстве этого магазина уровень безработицы в Красноармейском районе снижается [5, с. 168].

Применение предлагаемых рекомендаций по улучшению финансовых показателей способствовало бы укреплению экономики Красноармейского ФГУП Краснодарского научно-исследовательского института риса в Красноармейском районе и улучшению его финансового положения, определению его экономической эффективности и участию в развитии реальной экономики Кубани в современных экономических условиях и повышения конкурентоспособности предприятий региона. Создание данного инновационного проекта подпадает под программу развития сельского хозяйства и агропродовольственных рынков на период до 2020 г., стимулируя развитие такой важной для Краснодарского края отрасли, как рисоводство, в сложных экономических условиях.

Список литературы

1. Бородавкин В.В., Моисеев А.В. Определение фондоотдачи на предприятиях отрасли АПК (на примере ФГУП «Гулькевичское» Краснодарского края) В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И.С. Косенко. Отв. за вып. А.Г. Кошаев. – 2017. – С. 1405–1406.
2. Горпинченко К.Н. Прогнозирования в сельском хозяйстве В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2016 г. – 2017. – С. 98–99.
3. Дьяков С.А., Захарова Ю.Н., Ночевка Д.С., Сидорчукова Е.В., Ярошенко Н.Н. Анализ и прогнозирование финансового состояния сельскохозяйственных организаций Краснодарского края в условиях стагнации экономики. – Краснодар, 2017.
4. Моисеев А.В., Мусиенко В.Ю. Маркетинг персонала – обеспечение спроса на рабочие места. В сборнике: Современные проблемы и перспективные направления инновационного развития науки. Сборник статей международной научно-практической конференции: в 2 ч. – 2017. – С. 90–92.
5. Моисеев В.В., Моисеев А.В. Анализ маркетинговой деятельности сельскохозяйственного предприятия (на примере ФГУП РПЗ «Красноармейский» Краснодарского края) // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 9–1. – С. 168–171.

УДК 332.14:330.322

АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ОТРАСЛЕВОЙ СТРУКТУРЫ ИНВЕСТИЦИЙ И ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В СМЕЖНЫХ РЕГИОНАХ ТРАНСГРАНИЧНОГО БАССЕЙНА Р. УРАЛ

Падалко Ю.А.

*Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург,
e-mail: yapadalko@gmail.com*

В статье представлен территориально-отраслевой анализ инвестиций в основной капитал в разрезе смежных регионов трансграничного бассейна р. Урал Российской Федерации и Казахстана. Характеризуются как общие объемы инвестиций в основной капитал по регионам речного бассейна, так и показатели удельного объема, даётся сравнение регионов Российской Федерации и Казахстана по динамике вложений, источникам финансирования и коэффициенту самофинансирования. Проанализированы значимые вопросы, связанные с отраслевой структурой инвестиций, особенностями их территориального распределения. Определены основные отрасли привлечения инвестиций в основной капитал. Согласно классификатору экономической деятельности к ним относятся: добыча полезных ископаемых, обрабатывающая промышленность и транспорт. Небольшая доля инвестиций в сельское хозяйство обуславливается внешними причинами: слабой конкурентоспособностью отрасли, а также высокими природными рисками. Проведён анализ демографической ситуации, в котором представлена динамика по численности и возрастному составу населения по регионам. Основные перспективы привлечения инвестиций в основной капитал обусловлены необходимостью, отраслевой диверсификацией экономики, развитием межрегионального сотрудничества двух стран, в том числе по решению проблем бассейна р. Урал.

Ключевые слова: региональные инвестиции, территориально-отраслевая структура инвестиций, трансграничный речной бассейн

ANALYSIS OF TERRITORIAL-SECTORAL STRUCTURE OF INVESTMENTS AND DEMOGRAPHIC CONDITIONS IN THE ADJACENT REGIONS OF THE TRANSBOUNDARY OF THE URAL RIVER BASIN

Padalko Yu.A.

Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS, Orenburg, e-mail: yapadalko@gmail.com

In the article presents a territorial-sectoral analysis of investment in fixed assets in the context of adjacent regions of the transboundary basin of the river. Ural of the Russian Federation and Kazakhstan. Characterized as the total volume of investment in fixed assets by river basin regions and specific volume indicators, the regions of the Russian Federation and Kazakhstan are compared in terms of investment dynamics, sources of financing and the self-financing ratio. Important issues related to the sectoral structure of investments and the features of their territorial distribution have been analyzed. It is shown that the main sectors of attracting investments in fixed assets according to the classifier of economic activity are mining, manufacturing and transport. A low share of investment in agriculture is due to external reasons for the weak competitiveness of the industry, as well as high natural risks. The analysis of a demographic situation in which dynamics by number and age structure of the population on regions is presented is carried out. The main prospects for attracting investment in fixed assets are due to the need for sectoral diversification of the economy, the development of interregional cooperation between the two countries in the Ural River basin.

Keywords: regional investments, territorial-sectoral structure of investments, transboundary river basin

На протяжении времени водные объекты определяют основу в расселении населения и размещении производительных сил. В настоящее время зависимость от водных объектов не сократилась, но привела к формированию региональных социально-экономических систем, тесно связанных общими водными ресурсами водного объекта или речного бассейна. Рост потребления водных ресурсов усугубляется естественной неоднородностью в водообеспеченности регионов в пространстве и во времени. В связи с этим для рационального и устойчивого водопользования было принят бассейновый принцип в управлении водохозяйствен-

ными системами, связывающий водный объект и водопользователей. На внутригосударственном уровне сформированы межрегиональные бассейновые советы, а в трансграничных бассейнах действуют межгосударственные комиссии. Но особые сложности в совместном водопользовании имеются в трансграничных речных бассейнах. В суверенных государствах различаются водохозяйственные системы, аллокация производительных сил и стратегии социально-экономического развития, а водопользователи имеют общий доступ к водным ресурсам, что часто приводит к возрастанию конфликтных ситуаций между государствами, регионами

и отраслями экономики. В трансграничных речных бассейнах для прогнозирования таких ситуаций между водопользователями необходимо обладать достаточной информацией. К таким сведениям относятся не только гидрологический режим, нормы водопотребления, но и направление развития социально-экономических систем регионов, включающее анализ территориально-отраслевой структуры инвестиций в основной капитал. Вложение инвестиций предполагает прирост производительных сил и создание благоприятных условий социально-экономического развития в будущем.

Цель данной работы – проведение исследования территориально-отраслевой структуры инвестиций в смежные регионы трансграничного бассейна р. Урал России и Казахстана. Определить перспективы развития хозяйства, отдельных отраслей и демографических процессов. Сделать выводы об их воздействии на водно-экологическую ситуацию в речном бассейне.

Материалы и методы исследования

Моделирование дальнейшего анализа водопотребления в будущем сопряжено с необходимостью учёта множества условий. Подробно методы и вопросы математического моделирования использования водных ресурсов между водопользователями трансграничных речных бассейнов рассмотрены в работе [1]. В краткосрочной перспективе наиболее предметным исследованием современных приоритетов и тенденций в социально-экономическом развитии регионов является анализ территориально-отраслевой структуры инвестиций в основной капитал. Подобные исследования проводились по регионам Российской Федерации, которые выделяются по общности физико-географических условий. Нами предлагается проведение таких исследований на основе бассейнового подхода [4], в условиях общих водных ресурсов. Отдельные проблемы водно-экологической безопасности устойчивого развития уже рассматривались в ряде последних работ (среди которых [5, 6]).

В исследовании использованы статические данные органов государственной статистики России и Казахстана по инвестициям в основной капитал и их структуры по видам экономической деятельности в регионах. В анализе инвестиционной деятельности использовались показатели динамики и долевого финансирования, структуры распределения, источник финансирования и самофинансирования. При анализе не дифференцировались прямые отечественные и иностранные инвестиции.

Результаты исследования и их обсуждение

Трансграничным бассейном р. Урал объединены 6 регионов в Российской Федерации и Республике Казахстан (рис. 1). Регионы располагают промышленным производством: добыча рудных и углево-

дородных полезных ископаемых, черная и цветная металлургии, машиностроение, топливно-энергетический комплекс – а также сельским хозяйством. Поэтому регионы вносят существенный вклад как в ВВП своих стран, так и по отчислениям налоговых и иных платежей в государственный бюджет.

Рассмотрим территориальное распределение инвестиций в основной капитал смежных регионов. По общему объёму поступающих инвестиций регионы речного бассейна государства близки к паритету. В 2015 г. 51 % приходилось на регионы Казахстана и 49 % были аккумулированы субъектами Российской Федерации. На внутригосударственном уровне приходятся 5 % от общероссийских региональных вложений, а в Казахстане более 30 % от общереспубликанских инвестиций. Главными регионами по объёму вложений выделяются Атырауская область и Республика Башкортостан, на которые приходится 34 % и 22 % соответственно от общего объёма инвестиций в регионы бассейна р. Урал (табл. 1).

Источником финансирования инвестиций в регионах может выступать собственник, государство и частные лица и компании (в том числе нерезиденты). Доля государственных инвестиций показывает зависимость регионов от ассигнований из федеральных и республиканских бюджетов на финансирование модернизации существующих производств и инфраструктуры и реализацию новых проектов, в том числе по программам государственно-частного партнерства.

При самофинансировании источник вложений составляют собственные средства, в том числе заёмные. Самофинансирование инвестиционной деятельности представляет финансовую самостоятельность регионов от внешних источников финансирования (заёмным и привлеченным источникам средств). По регионам Российской Федерации на собственные средства приходится более половины: Республика Башкортостан – 55 %, Оренбургская область 63,5 %, Челябинская область – 52 %. В Казахстане более высокие значения самофинансирования: Актюбинская область – 74 %, Атырауская область – 62 %, Западно-Казахстанская область – 84 %. При этом значение показателя не ниже 51 % [3] определяет финансовую самостоятельность от внешних источников средств. С другой стороны, низкие или высокие значения самофинансирования могут свидетельствовать об инвестиционной привлекательности того или иного региона для внешних инвесторов и возможных финансовых рисках.

Большая часть инвестиций в регионах бассейна р. Урал в основном направляется в добычу полезных ископаемых, но также высока доля вложений в развитие обрабатывающего производства. Во многом свиде-

тельствует о продолжении развития сырьевой направленности экономики регионов, особенно регионов Казахстана и Оренбургской области в Российской Федерации (табл. 2).

Таблица 1
Показатели инвестиций в регионах степной зоны Российской Федерации

Регион	Общие инвестиции в 2015		Доля общего объема инвестиций регионов в экономику стран		Доля государственных инвестиций в общем объеме инвестиций в 2015 г.
	Общие объемы, млн долларов США	Плотность инвестиций, долларов США / км ²	2013	2015	
Российская Федерация					
Республика Башкортостан	5167,1	35982,9	2,0	2,2	13,0
Оренбургская область	2753,7	22207,5	1,1	1,2	11,6
Челябинская область	3471,6	39495,4	1,6	1,5	16,0
Республика Казахстан					
Актюбинская область	1905,1	6337,2	8,2	5,0	9,2
Атырауская область	8005,0	67478,1	17,1	20,9	1,8
Западно-Казахстанская область	1992,5	13166,0	3,2	5,2	8,0

Примечание. Рассчитано автором по данным [7, 8].

Таблица 2
Структура инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности в регионах бассейна р. Урал (в процентах)

Федеральный округ	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Россия	3,8	0,1	18,9	16,0	6,9	3,1	4,8	0,3	19,3	2,6	1,2	18,3	4,7
Республика Башкортостан	4,2	0,0	17,4	35,5	5,6	0,7	2,8	1,4	13,9	2,2	0,8	10,7	4,7
Оренбургская область	1,6	0,0	55,0	12,4	6,2	0,5	1,8	0,1	9,7	1,0	0,3	6,7	4,7
Челябинская область	4,0	0,0	7,1	34,7	24,2	0,5	2,9	0,1	9,9	2,9	0,6	9,2	3,8
Казахстан	2,3	0,0	32,7	11,7	10,6	1,4	2,0	0,7	16,2	1,5	0,8	11,2	8,9
Актюбинская область	1,7	0,0	45,3	13,6	9,8	0,9	1,7	1,2	11,7	0,8	0,2	10,2	2,8
Атырауская область	0,3	0,0	76,2	8,3	1,7	0,7	0,3	0,3	9,1	0,1	0,0	1,8	1,1
Западно-Казахстанская область	0,1	0,0	68,1	5,6	4,9	1,5	1,0	0,2	6,2	0,7	0,1	6,3	5,2

Примечание. Составлено автором по данным [7, 8]. В соответствии с Общероссийском классификатором видов экономической деятельности буквами обозначены: А – сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство; В – рыболовство, рыбоводство; С – добыча полезных ископаемых; D – обрабатывающие производства; E – производство и распределение электроэнергии, газа и воды; F – строительство; G – оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, бытовых изделий и др. H – гостиницы и рестораны; I – транспорт и связь; J – из них на связь; K – финансовая деятельность; L – операции с недвижимым имуществом и др.; M – прочие.

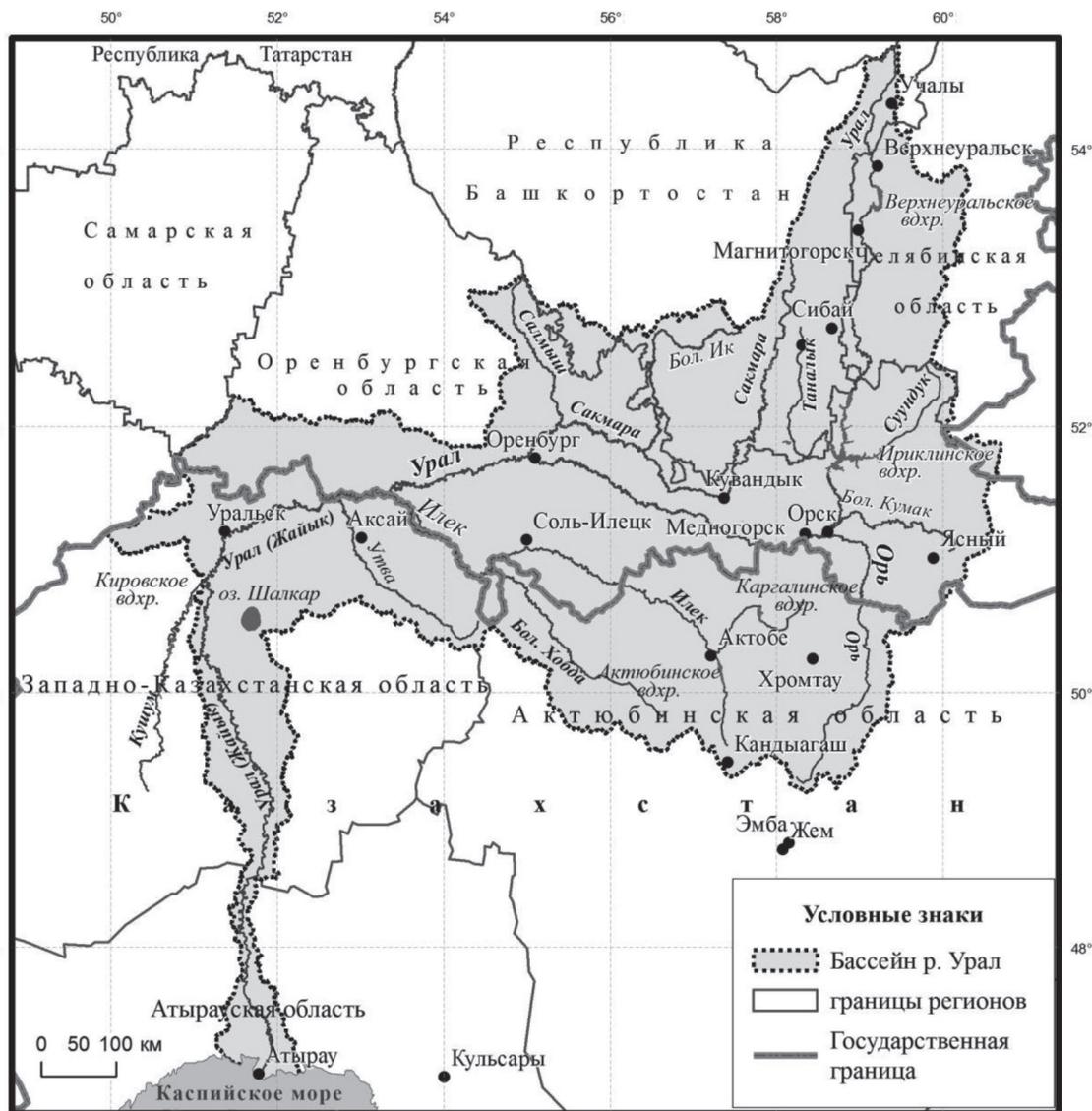


Рис. 1. Смежные регионы трансграничного бассейна р. Урал

Направление вложений в данные отрасли оправдано с позиции инвестора быстрой окупаемостью вложений. Вложение в добычу полезных ископаемых приносит значительные доходы для государственного и регионального бюджета, экстенсивным путём развития производства за счет увеличения добычи сырья. Со временем себестоимость добычи может возрастать, а в условиях колебания рыночных цен на сырьевые товары отразится спадом экономического развития регионов. С другой стороны, деятельность предприятий по добыче и переработке сырья сопровождается значительным отрицательным внешним эффектом, включая в первую очередь вли-

яние на здоровье населения и загрязнение окружающей среды, в том числе водных ресурсов.

Вторыми по объёмам вложения в основной капитал являются обрабатывающие производства. В основном это отрасли, базирующиеся на региональном сырьевом секторе: черная и цветная металлургия в Челябинской области, Республики Башкортостан, Актыбинской области. Переработка нефти и газа: Атырауская, Западно-Казахстанская и Оренбургская области. Машиностроение регионов также связано с обеспечением данных отраслей специальной техникой и оборудованием.

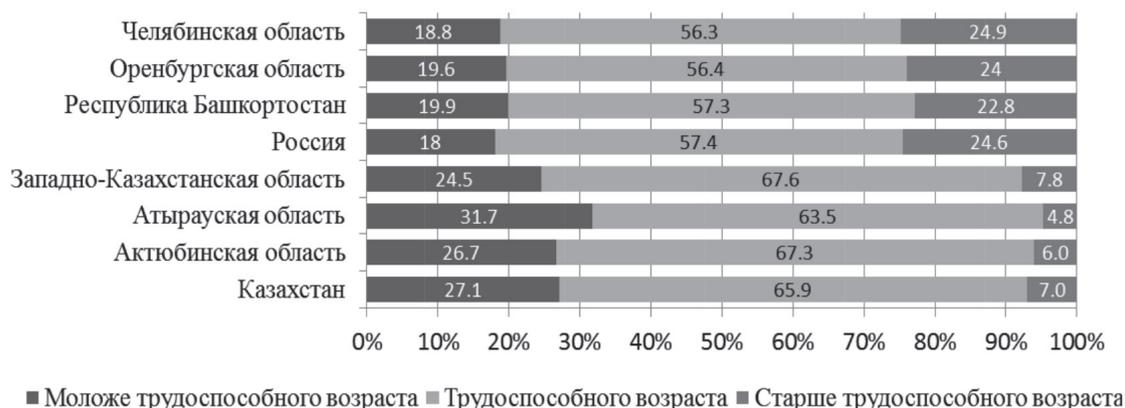


Рис. 2. Возрастной состав населения в регионах бассейна р. Урал (в процентах).
Составлено автором по данным [7, 10]

Незначительны поступления в аграрный сектор, что связано со значительным риском для инвесторов из-за климатических условий в регионах с характерной неравномерностью увлажнения территории и продолжительных засух. Самофинансирование модернизации сельскохозяйственной деятельности для предприятий в аграрном секторе затруднительно из-за больших затрат на текущую деятельность. В основном инвестиции поступают на развитие животноводства и пригородного овощеводства.

Значительные поступления инвестиций отмечаются также в транспортную инфраструктуру, логистику и производство, и распределение энергоресурсов и воды. Развитие сферы транспорта и логистики продиктовано территориальной разобщенностью хозяйственных объектов сельских территорий и необходимостью формирования внутренних и внешних экономических связей.

Устойчивость развития отраслей экономики обуславливается демографической ситуацией и благосостоянием населения. Общая численность населения в смежных регионах бассейна р. Урал более 11,0 млн человек, более половины сосредоточены в крупных городах, часть из которых сосредоточена на берегах р. Урал: в Российской Федерации (Оренбург, Магнитогорск, Орск) и Республики Казахстан (Уральск, Актюбе, Атырау) [9]. Возрастной состав населения различается по регионам, количество в трудоспособном возрасте составляет около 7 млн человек (рис. 2).

В Казахстане выше численность по группам населения в трудоспособном возрасте и моложе трудоспособного по сравнению с регионами Российской Федерации.

Динамика изменения численности различается: так, небольшой естественный и положительный общий прирост городского и сельского населения наблюдается во всех регионах Казахстана. В российских регионах кроме Республики Башкортостан наблюдается отрицательный естественный прирост населения, при этом общий положительный прирост населения отмечается только в Челябинской области за счёт миграционного притока в крупные города. В сельской местности РФ отмечается устойчивая естественная и миграционная убыль населения. Ввиду этого в будущем отдельные регионы могут столкнуться с недостатком рабочей силы и возрастанием демографической нагрузки.

Выводы

В регионах бассейна р. Урал России и Казахстана существуют значительные внутрирегиональные диспропорции инвестиционных вложений в основной капитал. Основным источником финансирования инвестиционной деятельности служат собственные средства и государственные ассигнования. В отраслевом разрезе более половине регионов инвестиции направляются в сырьевой сектор и связанное с ним обрабатывающее производство. В настоящее время эти отрасли наиболее привлекательны для инвесторов благодаря возможности получения высокого дохода от вложений в краткосрочном периоде. Отрицательной тенденцией является сохранение сырьевой специализации хозяйств регионов и наличие рисков негативного влияния данных отраслей на окружающую среду. Последнее обусловлено значительным объёмом накопленных производственных отходов

данных отраслей, которые располагаются на водосборах. При аварийных ситуациях загрязняющие вещества в составе отходов попадают в водные объекты. Незначительные объёмы инвестиций направляются в увеличение производительности аграрного сектора, что обуславливает экстенсивное ведение хозяйства с использованием старых технологий, характеризующихся высокой водоёмкостью. Неблагоприятная демографическая ситуация из-за снижения численности населения зарегистрирована в части регионов РФ. При этом отмечается рост народонаселения в регионах Казахстана, где вероятен дефицит водных ресурсов в отдельные годы.

Для устойчивого социально-экономического развития смежных регионов бассейна р. Урал необходимо стремление к территориально-отраслевому балансу в стратегии инвестиционного планирования. Немаловажным аспектом является расширение сотрудничества между регионами по диверсификации экономики и согласование действий в водном хозяйстве России и Казахстана.

Исследование выполнено в рамках темы «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» (№ ГР АААА-А17-117012610022-5) и при финансовой поддержке РГНФ и администрации Оренбургской области в рамках научного проекта № 17-12-56005 «Интегральная оценка современного социально-экономического положения регионов трансгранич-

ного бассейна реки Урал на основе ГИС-анализа в связи с созданием Таможенного и Евразийского экономического союзов» по региональному конкурсу «Урал: история, экономика, культура» 2017 – Оренбургская область».

Список литературы

1. Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Согласование стратегий трансграничного водопользования. – М.: ООО «Издательство «Энциклопедия», 2016. – 216 с.
2. Себенцов А.Б. Территориально-отраслевая структура инвестиций в регионы Российского Севера // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2008. – № 3. – С. 54–62.
3. Падалко Ю.А. Территориально-отраслевая структура инвестиций в регионы степной зоны РФ // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4 (54). – С. 227–229.
4. Коротный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании / Л.М. Коротный. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. – 163 с.
5. Сивохип Ж.Т., Падалко Ю.А. Географо-гидрологические факторы опасных гидрологических явлений в бассейне реки Урал // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2014. – № 6. – С. 53–61.
6. Чибилёв А.А., Сивохип Ж.Т., Чибилёв А.А. (мл), Падалко Ю.А. Оценка перспектив межгосударственного взаимодействия в трансграничном бассейне реки Урал // Проблемы региональной экологии – 2013. – № 1. – С. 33–39.
7. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015: Стат. сб. / Росстат. – М., 2016. – 990 с.
8. Инвестиционная и строительная деятельность в Республике Казахстан. 2012–2016: Стат. сб. / Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан. Астана, 2017. – 142 с.
9. Руднева О.С., Соколов А.А. Общественное здоровье как демографический критерий качества жизни населения на российско-казахстанской трансграничной территории // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. – 2012. – № 1. – С. 56–65.
10. Регионы Казахстана в 2015 году. Стат. сб. / Комитет по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан. – Астана, 2016. – 456 с.

УДК 336.711.2(470)

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БАНКОВСКОГО СЕКТОРА В РОССИИ

Панкрева Ю.В., Лескина О.Н., Щербаков Е.М.

*ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»,
Пензенский филиал, Пенза, e-mail: penza@fa.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию текущего состояния банковского сектора России, находящегося под влиянием разнообразных факторов как внутренней, так и внешней среды. Рассматриваются причины изменений, происходящих в современной банковской системе России, и последствия воздействия отдельных наиболее значимых факторов на банковский сектор страны, таких как динамика цен на нефть, ключевая ставка Центрального Банка, экономические санкции западных стран, изменение геополитической обстановки и других. В статье представлен анализ банков по степени надежности по основным показателям, главным из которых является объем активов. Особое внимание в работе уделено проблемам, тенденциям, перспективным направлениям развития банковской сферы в современной России, а также предложениям, которые смогут улучшить работу банковского сектора в стране, рекомендуемым к применению как на национальном уровне, так и для отдельных банков в частности.

Ключевые слова: банковский сектор, банковская система, финансовая устойчивость, банковский кризис, кредитный портфель, рейтинг надежности банков

CURRENT STATUS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE BANKING SECTOR IN RUSSIA

Pankreva Yu.V., Leskina O.N., Shcherbakov E.M.

*Financial University under the Government of the Russian Federation, Penza branch,
Penza, e-mail: penza@fa.ru*

This article is devoted to the study of the current state of the banking sector in Russia, which is influenced by various factors, both internal and external environment. The reasons for the changes taking place in the modern banking system of Russia and the consequences of the impact of some of the most significant factors on the banking sector of the country, such as the dynamics of oil prices, the Central Bank's key rate, the economic sanctions of Western countries, the changing geopolitical situation, etc. are considered. The article presents an analysis of banks in terms of reliability by main indicators, the main one being the volume of assets. Particular attention is paid to problems, trends, promising areas of development of the banking sector in modern Russia, as well as proposals that will improve the work of the banking sector in the country, recommended for application, both at the national level and for individual banks in particular.

Keywords: banking sector, banking system, financial stability, banking crisis, loan portfolio, banks' reliability rating

Банковская система является неотъемлемой частью экономики страны. Банки призваны выполнять важную роль в стимулировании развития отечественного производства, обращения и потребления материальных и нематериальных благ. От уровня развития и стабильности банковской системы зависит устойчивость всего национального хозяйства в целом.

Банковский сектор России за последние несколько лет потерял большое число финансовых организаций и потерпел значительные убытки. Этому поспособствовали не только внутренние проблемы страны, но и внешние угрозы. Огромный масштаб закрытия банков пришелся на 2015 г., однако еще больший пик закрытия предполагается в обозримой перспективе. За текущий 2017 г. по состоянию на 21.08.2017 г. Центральный Банк лишил лицензии 38 организаций, занимающихся банковской деятельностью.

Причины лишения лицензий коммерческих банков:

– неиспользование законодательных актов, регулирующих деятельность коммерческих банков;

– сознательное искажение отчетности, которая включает в себя выдачу кредитов без залога и обеспечения фирмам и организациям, напрямую связанным с владельцами банков или их родственниками; независимые эксперты во время аудиторской проверки выявляют финансовые махинации и обнаруживают расхождения между реальными и отчетными данными;

– снижение уставного капитала в ходе деятельности банка;

– потеря банком ликвидности – то есть снижение доверия к банку как со стороны партнёров и вкладчиков, так и со стороны государства. Обычно вызывается отсутствием возможности исполнить свои обязательства перед клиентами: нерациональной выдачей кредитов, которые заведомо не смогут погасить; разочарованием

населения в политике банка и массовым изъятием вложенных средств;

- «отмывание» денег – незаконная деятельность в офшорных зонах, обналичивание средств путём инвестирования их в фирмы-однодневки;

- профилактическое снижение числа банков – контролю легче поддаются несколько крупных кредитно-финансовых учреждений, нежели обилие мелких и малоэффективных, неспособных к объединению и кооперации [1, с. 26].

Существует мнение, которое говорит о том, что скоро в России останется всего лишь несколько крупных коммерческих банков, а остальные банковские структуры ждет закрытие. По словам Германа Грефа, в 2017 г. лицензии могут потерять около 10% банков, так как банковская система переживает сильнейший кризис [2].

Кризисные ситуации в банковской структуре прямо сказываются на сфере кредитования. Сегодня при определении своей ставки по займам банки опираются на ключевую ставку ЦБ РФ, которая в настоящее время составляет 11%. Получить потребительские кредиты сегодня в банках можно под гораздо более высокие проценты, а это значит, что количество кредит – заемщиков в стране также существенно уменьшается [3, с. 35].

На данный момент актуальным является исследование проблем, связанных с оценкой финансовой устойчивости банков и способами ее повышения. Под финансовой устойчивостью банка понимается его способность сохранять свои позиции независимо от внутренних и внешних факторов, которые отрицательно влияют на финансовое состояние и работоспособность банка. Для достижения финансовой устойчивости банку необходимо быть бдительным к изменениям внешней и внутренней среды.

К показателям финансовой устойчивости относится способность банковской организации быть неподверженной банкротству, а также ее платежеспособность. Факторы финансовой устойчивости банковской системы подразделяются на внутренние и внешние.

К внутренним факторам необходимо отнести [2]:

- уровень достаточности капитала;
- структуру пассивов и активов;
- стратегию банка относительно принимаемых рисков (кредитного, процентного, риска утраты ликвидности и др.);
- профессионализм персонала;
- организацию риск-менеджмента.

К внешним факторам следует отнести:

- состояние глобальной экономики;

- состояние законодательной базы;

- политическое и экономическое развитие страны, в которой функционирует банк;

- политические риски;

- характер денежно-кредитной политики, проводимой Центральным банком;

- другие факторы, действующие извне по отношению к банковскому сектору.

Каждый период времени характеризуется определенным набором факторов. Риск-менеджеры, собственники банковской организации, а также регуляторы банковской системы обязаны определить, оценить и предотвратить негативное воздействие отдельных факторов в целях поддержания финансовой устойчивости банков.

Финансовая политика вырабатывает меры по увеличению устойчивости коммерческой организации, к ним можно отнести: увеличение прироста активов, прибыли, улучшение условий кредитования, предоставление определенных акций и предложений по депозитам, а также усовершенствование и удобства в обслуживании клиентов. От того, насколько удобнее и профессионально проводятся клиентские операции в банке, зависит мнение клиента и его желание дальше обслуживаться в данном банке, а также советовать его другим как один из надежных.

В текущем году развитие банковской системы, так же как и в предыдущем году, напрямую зависит от динамики цен на нефть и ключевой ставки ЦБ РФ. Отрицательным фактором является снижение прибыли банков примерно на 8% за счет роста отчислений в резервы по проблемным активам. Доля кредитов «под стрессом» по расчетам «Эксперт РА» за 2017 г. вырастет до 18% совокупного кредитного портфеля, в негативном сценарии – достигнет 21% [4].

Сегодня, несмотря на продолжающийся кризис в банковской сфере, можно с точностью сказать, что вкладам, не превышающим 1 400 000 руб., ничего не угрожает. Если клиент имеет сумму вклада меньше указанной, то можно быть уверенным в сохранности своих средств. Опасности могут быть подвержены счета таких форм хозяйствования, как ООО и ИП, так как они не застрахованы. Большинство предпринимателей забирают свои средства из сомнительных банковских организаций, где ранее были предложены большие проценты, и размещают их в более крупных и надежных банках с меньшими процентами, но проверенных временем. ИП предпочитают такие банки, как Сбербанк, ВТБ24, Россельхозбанк и др., входящие в десятку топовых.



Доля кредитов «под стрессом» [4]

Рейтинг надежности банков России, складывается из следующих показателей [5]:

1. Уровень прибыльности компании.
2. Устойчивость финансового положения.
3. Количество выданных кредитов, величина займа.
4. Размер собственного капитала и др.

По усредненным значениям данных показателей неизменным лидером остается Сбербанк России. Объем его активов равен 22951,4 млн руб. Сбербанк является банком государственного значения. Вторым по значимости показателей идет ВТБ. Он также смог заручиться государственной поддержкой. Имеет высокие показатели собственного капитала, а также кредитного портфеля. Объем активов ВТБ – 9935,3 млн руб. Следует за ним Газпромбанк, который имеет большое количество филиалов по всей стране. Объем активов – 5455,3 млн руб. Банк ВТБ 24 идет четвертым по значимости. Его филиалы распространены по всей России. Объем активов составляет 3247,1 млн руб. И последним из пятерки лидеров является Россельхозбанк. Акции этого банка полностью входят в состав собственности государства. Объем активов составляет 2997,7 млн руб. [6].

Итак, можно сказать, что текущее состояние банковской системы России характеризуется следующими тенденциями:

- банковский сектор и темпы его роста зависят от динамики цен на нефть и ключевой ставки ЦБ РФ;

- увеличение совокупного кредитного портфеля банков возможно на фоне замедления инфляции и удешевления фондирования;

- снижение прибыли банковского сектора происходит из-за роста отчислений в резервы по проблемным активам;

- обеспечивается сохранность вкладов, не превышающих 1 400 000 руб., за исключением денежных средств ООО и ИП, которые не застрахованы.

Согласно многочисленным исследованиям, проведенным отечественными экономистами, основными проблемами развития банковского сектора России являются: низкая капитализация (обращение имущества в денежный капитал); ограниченные возможности банковской системы в сфере кредитования экономики страны; региональные и отраслевые диспропорции в экономике; макроэкономическая нестабильность; ненадежность банковской системы страны; институциональные проблемы (проблемы в структуре банковской системы – недостаточные связи между крупными банками и более мелкими банками, квази-банковскими структурами); непрозрачность и высокая концентрация банковской системы [7, с. 96]. К причинам, тормозящим развитие банковского сектора России, также относятся: резкое сокращение источников денежных ресурсов; ужесточение банковского надзора со стороны мегарегулятора ЦБ РФ; развитие небанковских кредитных

организаций, «отнимающих» до 70% малых клиентов банков [8, с. 401].

Экономические отношения российских банков на международных рынках в современных условиях складываются достаточно непросто. Это связано с непростыми политическими отношениями с некоторыми странами, включая Украину, которая в 2017 г. ввела санкции против всех пяти работающих в стране структур российских госбанков: украинских «Сбербанка» и ВТБ, «БМ Банка» («внучка» ВТБ), Проминвестбанка («дочка» ВЭБа) и VS Bank («дочка» «Сбербанка»). Им запрещен вывод капиталов за пределы Украины в пользу связанных с ними лиц. При этом пенсионный фонд Украины с 1 апреля прекращает выплату пенсий через дочерние отделения российских госбанков, в отношении которых введены санкции [9]. Прямым образом на банковскую систему влияет снижение цен на нефть, так как большая часть денежных средств поступает как раз из этой индустрии.

Рассматривая состояние банковской системы, следует отметить, что трудности ее связаны не только с внешними геополитическими угрозами и негативным влиянием мировых рынков, но также с неправильным ведением банковской политики, наличием в банковском секторе специалистов невысокой квалификации, недостатком надзора и регулирования. При непродуманной политике, касающейся лицензирования банков, возникают непредотвратимые последствия, приводящие к банкротству коммерческих организаций. В связи со слабым надзором, появляются некоммерческие организации, так же занимающиеся банковской деятельностью, которые составляют конкуренцию коммерческим отраслям, но при этом обладают неоднозначной репутацией.

В связи с тем, что экономика банковского сектора имеет нестабильный характер, связанный с проблемами как внутреннего значения, так и глобального масштаба, можно привести несколько предложений по развитию банковского сектора внутри страны. К таким мерам относятся:

- Применение необходимых мероприятий по совершенствованию банковской политики, политики надзора и регулирования за банковским сектором, не допуская при этом образования некоммерческих организаций сомнительного характера;

- Определение новых источников долгосрочного фондирования и механизмов, гарантирующих вложение банками получаемых ресурсов в кредитование реального сектора экономики.

- Минимизация условий, побуждающих банки приоритетно развивать потребительское кредитование [10].

- Снижение процентных ставок до возможно допустимого уровня.

- Смягчение денежно-кредитной политики.

- Внедрение принципиально новых методов по борьбе с инфляцией.

Для самих банков в преодолении кризисных тенденций можно рекомендовать:

- осуществлять повышение квалификации специалистов, разрабатывая для них необходимые тренинги, лекции, основываясь на практической деятельности согласно требованиям времени;

- улучшить качество услуг банков, предоставляемых непосредственно в офисе и онлайн-режиме;

- расширить спектр банковского обслуживания, внедряя разнообразные акции по вкладам, ставкам по кредитным займам и проч.

Несмотря на масштабные проблемы, российская экономика продолжает развиваться, невзирая даже на введенные санкции со стороны западных стран и США. Применительно к проблеме укрепления банковского сектора и экономики России на международном уровне в целом считаем необходимым:

- укрепить финансовую политику в отношении тех стран, которые поддерживают российскую экономику;

- вести торгово-экономические отношения, со странами-союзниками, заключать с ними эффективные финансовые договорные обязательства;

- разработать эффективный рычаг по функционированию денежных средств на международном рынке.

С учетом внешних угроз и системных проблем функционирования банковской сферы России перспективными направлениями развития банковского сектора в стране выступают, на наш взгляд: развитие национальной платежной системы «Мир»; совершенствование направлений обслуживания населения, субъектов малого и среднего бизнеса; развитие системы микрофинансирования [11, с. 70].

Текущий 2017 год является переломным в работе многих банков. Некоторые закрепили и усилили свои позиции на финансовом рынке, другие же, наоборот, ослабели. Начиная с 2015 г. банки подверглись тяжелому испытанию со стороны экономического кризиса. Но те финансовые организации, которые имеют поддержку со стороны государства и хорошо развитую финансовую политику, понесли минимальные убытки. Остальные

пострадали больше, вплоть до прекращения их функционирования. Что же касается финансовой устойчивости банка, то в этом случае можно сказать: если он удовлетворяет таким критериям, как прибыльность, высокие активы, достаточность капитала и другие, то банк считается устойчивым [12, с. 132]. Каждый из этих показателей имеет большое значение, потеряв один из них, банк приобретает серьезные последствия. Поэтому необходимо уделять им огромное внимание и не снижать бдительность.

Список литературы

1. Тарханова Е.А. Устойчивость коммерческих банков / Е.А. Тарханова. – Тюмень: Издательство «Вектор Бук», 2015. – 186 с.
2. Прогноз развития банковского сектора в 2017 году: робкое восстановление. Рейтинговое агентство РАЕХ («Эксперт РА»). URL: http://raexpert.ru/researches/banks/bank_sector_2016 (дата обращения: 30.10.2017).
3. Софронова В.В. Финансовая устойчивость банков в условиях кризиса // Финансы и кредит. – 2016. – № 20. – С. 24–36.
4. Рейтинг надежности банков России по версии ЦБ в 2017 году. Банки банкроты – последние новости, слабые и сильные банки, где хранить деньги. URL: <http://bankbankrot.ru> (дата обращения: 30.10.2017).
5. Причины лишения коммерческого банка лицензии. URL: <http://banki-bankrot.ru/prichiny-lisheniya-kommercheskogo-banka-licenzii-v-2016-godu> (дата обращения: 30.10.2017).
6. Банковский кризис в России. URL: <http://www.bankingtips.ru/bankovskij-krizis-v-rossii> (дата обращения: 30.10.2017).
7. Гольдюшова Т.В., Лескина О.Н. Денежно-кредитная политика и показатели функционирования современной банковской системы России // Актуальные вопросы повышения финансовой грамотности населения: проблемы и перспективы: сборник статей Международной научно-практической конференции школьников, бакалавров, магистрантов, аспирантов и преподавателей в рамках реализации социально значимого проекта в сфере защиты прав и свобод человека и гражданина «Финансовый ликбез – путь к повышению качества жизни граждан, социальной стабильности региона и России». – Пенза: Издательство «Пензенский государственный университет», 2017. – С. 96–99.
8. Султанов Г.С., Алиев Б.Х., Магомедова А.М., Джанбулатова С.М. Современное состояние и проблемы развития банковского сектора РФ // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 8–2. – С. 399–403.
9. Уход российских банков из Украины. URL: <http://gian.com.ua/analytics/20170329/1022695698.html> (дата обращения: 30.10.2017).
10. Банковская система России: в 2017 году продолжатся тренды 2016. URL: <https://ru.investing.com/analysis> (дата обращения: 30.10.2017).
11. Павленко Д.М., Власова А.О., Лескина О.Н. Проблемы и перспективы развития национальной платежной системы России // WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS сборник статей победителей VI международной научно-практической конференции: в 2 ч. / Под общ. ред. Г.Ю. Гуляева. – Пенза: Издательство «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2016. – С. 69–72.
12. Бондаренко В.В., Одинцов Н.В. К вопросу об участии банковской системы в развитии реального сектора экономики России // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 8–1. – С. 130–135.

УДК 338.48:379.85

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ И РАЗВИТИЮ МАССОВОГО И СОЦИАЛЬНОГО ТУРИЗМА

Старичкова Н.В., Самохина Л.С.

*ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса»,
филиал, Артем, e-mail: starickovan@mail.ru, samohina07@gmail.com*

В статье проведен анализ характера взаимодействия между элементами в системе туризма и определены условия для возрождения массового и социального туризма в стране. Представленная модель развития туризма в России подразумевает системное развитие туристского комплекса, важной частью которого является социальный туризм с ориентацией на широкие туристские потоки, и предполагает гармонизацию интересов власти и бизнеса. Рассмотрены меры по модернизации туристской отрасли, в которой развитие массового туризма предполагается решать за счет мер государственной поддержки и значительных долгосрочных частных инвестиций. С целью создания условий для развития внутреннего туризма Приморского края органами местного самоуправления совместно с социально-ориентированными некоммерческими организациями принимаются меры по развитию массового и социального туризма на основе динамично развивающейся инфраструктуры.

Ключевые слова: массовый туризм, доступность туризма, социальный туризм, модель организации социального туризма, туристская система, Приморский край

A SYSTEMATIC APPROACH TO THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF MASS AND SOCIAL TOURISM

Starichkova N.V., Samokhina L.S.

*Vladivostok State University of Economics and Service, branch, Artem,
e-mail: starickovan@mail.ru, samohina07@gmail.com*

In the article the analysis of the nature of the interaction between elements in the system of tourism and the conditions for the revival of mass social tourism in the country. The model of tourism development in Russia involves the systematic development of a tourist complex, an important part of which is social tourism with a focus on a wide tourist flows, and involves the harmonization of interests of government and business. Considered measures for the modernization of the tourism industry, where the development of mass tourism are expected to be resolved through measures of the state support and significant long-term private investment. With the aim of creating conditions for development of domestic tourism in Primorsky region local authorities, in conjunction with socially-oriented non-profit organizations measures for the development of mass social tourism based on dynamic infrastructure.

Keywords: mass tourism, accessibility tourism, social tourism, a model of organization of social tourism, tourist system, Primorsky region

В современных экономических условиях туризм является одним из важнейших и динамично развивающихся направлений деятельности. По данным Всемирной туристской организации при ООН (ЮНВТО) доходы от туризма в мире достигли 1,26 млрд долларов США [1]. В Гаагской декларации по туризму отмечено, что «право на отдых, свободное время и периодически оплачиваемый отпуск, а также право использовать это время с целью проведения отпусков, свободных поездок с образовательными и развлекательными целями и использование благ, получаемых от туризма, как внутреннего, так и международного, являются первостепенными» [2]. Теоретико-методологическую основу формирования и развития массового и социального туризма в Российской Федерации составляют концептуальные положения, которые содержатся в работах исследователей в области организации и управления в сфере туризма, экономики и географии туризма, юриспру-

денции, социологии, психологии и других наук, а также в работах многих авторов, посвященных исследованию проблем социокультурного анализа общества во взаимосвязи с туризмом как социальным явлением. Понятие «туризм» регулярно уточняется в научных кругах, однако на государственном уровне сформировалось определенное толкование этого термина. В Федеральном законе «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» термин «туризм» обозначает «временные выезды (путешествия) граждан Российской Федерации, иностранных граждан и лиц без гражданства с постоянного места жительства в оздоровительных, познавательных, профессионально-деловых, спортивных, религиозных и иных целях без занятия оплачиваемой деятельностью в стране (месте) временного пребывания» [3].

Цель исследования: осуществить анализ характера взаимодействия между элементами в системе туризма и определить условия

для возрождения массового и социального туризма в России. В настоящее время многие исследователи рассматривают сферу туризма с системно-структурных позиций, согласно которой туристская система – это многокомпонентный социально-экономический комплекс «природных, культурно-исторических, инфраструктурных, организационных и технических составляющих, участников рынка и территориальных сообществ, производящих и реализующих услуги для потребления туристами» [4]. Целью системы туризма является обеспечение развития доступного для различных категорий граждан туризма, способного удовлетворить их потребности в проведении досуга, рекреации и оздоровлении. Главными составляющими туристской системы являются: туристы и экскурсанты; туроператоры и турагенты, организующие поездки и реализующие туристский продукт на рынке; органы государственной власти, обеспечивающие управление и правовое регулирование туризма; некоммерческие организации предпринимателей, работников туристской индустрии; местное население туристской дестинации. Туристская система состоит из трех основных подсистем: территориальной, социальной и экономической. Неотъемлемой частью функционирования туризма как системы является человек. Именно поэтому от состояния социальной подсистемы туризма зависит развитие массового и социального туризма в Российской Федерации. Целью эффективной деятельности социальной подсистемы является гармонизация отношений между всеми субъектами туристской сферы, обеспечение доступности к туристским ресурсам, возможность повышения качества жизни человека, т.е. восстановление жизненных сил, рациональное использование свободного времени, повышение интеллектуального уровня в процессе участия туристов в культурно-познавательных мероприятиях.

Таким образом, развитие туризма подчиняется тем же закономерностям, что и общество, а потребление туристских услуг имеет ярко выраженный социальный характер, так как в характере этого потребления проявляются признаки социального расслоения. Кроме того, в настоящее время туризм, как фактор социального равновесия, взаимопонимания между людьми и народами, осуществляет различные виды деятельности, влияет на занятость населения и социально-экономическое развитие.

Главной современной тенденцией в расширении социальной подсистемы является использование механизма государственно-частного партнерства для реализации

общественно значимых туристских проектов, способствующих удовлетворению материальных и духовных потребностей представителей различных социальных групп в сфере досуга. Основной характеристикой нынешнего этапа развития туризма должен стать доступный туризм. Понятия «доступность туризма» и «массовый туризм» в нашей стране взаимосвязаны. Массовый туризм может быть обеспечен только на основе доступности для всех категорий населения, независимо от материального положения и физического состояния индивидуумов.

В России спрос на туристский продукт – явление социальное и массовое. На доступность услуг туристской сферы оказывают влияние множество факторов, среди них наиболее значимыми являются:

– экономические; определяют уровень материального благосостояния потребителей туристского продукта;

– демографические; определяются полом, возрастом, семейным положением, местом проживания;

– социальные; потребление туристских услуг имеет ярко выраженный социальный характер, так как в характере этого потребления проявляются признаки социального расслоения;

– культурные, в рамках которых происходит совмещение отдыха и изучения истории, культуры, обычаев;

– личностные, связанные с индивидуальной активностью человека.

А.Ю. Александрова выделяет основные принципы концепции социального туризма, такие как «обеспечение отдыха всех и каждого члена общества, субсидирование туризма малоимущих, а также активное участие центральных правительственных, муниципальных, общественных и коммерческих структур в его развитии» [5].

Закон «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» определяет социальный туризм как «туризм, полностью или частично осуществляемый за счет бюджетных средств, средств государственных внебюджетных фондов (в том числе средств, выделяемых в рамках государственной социальной помощи), а также средств работодателей» [3]. Это толкование создает правовую и инвестиционную основу на туристском рынке, что является условием формирования современной материальной базы туризма и развития массовости и доступности туризма. Категориальный анализ понятия «социальный туризм» позволяет выделить два подхода – широкий и узкий: в широком понимании акцентирует внимание на массовом характере потребления

туристских услуг, цель которого – обеспечить высокий уровень туристской активности населения в целом. Социальный туризм в узком понимании – это деятельность, проводимая с целью реализации прав на отдых социально незащищенных слоев населения, финансируемая из государственных средств на социальные нужды или других источников финансирования. Этот подход отражен в российском законодательстве.

К основным причинам, определяющим необходимость развития социального туризма, можно отнести: повышение культурно-образовательного уровня населения, сглаживание социального неравенства, так как возможность путешествовать является важным компонентом социального статуса; существование огромного слоя малообеспеченных людей, которые не могут реализовать свои права на отдых в полной мере. Соответственно, социальный туризм необходим как явление, которое позволяет гражданам реализовать свои конституционные права. Модель развития российского туризма предполагает комплексный подход к развитию туристской системы страны. Предложенная И.С. Кабириным модель организации социального туризма в рамках стратегии социально-экономического развития страны подразумевает системное развитие современного туристского комплекса, важной частью которого является социальный туризм с ориентацией на широкие туристские потоки, и предполагает гармонизацию интересов власти и бизнеса, от которого ждут долгосрочных инвестиций [6]. Таким образом, основой концептуальной модели воссоздания и инновационного развития социального туризма на современном этапе является его государственная поддержка при активном долевом участии частного бизнеса, а в будущем – при финансовом участии самой туристской отрасли. Осуществление такой модели создаст мощный мультипликативный эффект.

Современный человек в большей степени ориентирован на удовлетворение интеллектуальных запросов, познание культурно-исторических ценностей, получение новых впечатлений, чем на потребление материальных благ. Культурный туризм как феномен массовой культуры постиндустриального общества представлен широчайшим спектром культурных ресурсов, позволяющих совместить отдых с познанием истории, культуры, обычаев своего и других народов. Туризм постепенно становится доступным для большинства граждан. Таким образом, в социально-культурном аспекте туризм, по мнению И.С. Кабириной, способствует «укреплению единого куль-

турного пространства России и духовного единства многонационального народа Российской Федерации; выравниванию уровня доступности культурных богатств независимо от размера доходов, места проживания и социального статуса российских граждан; сохранению культурно-исторического наследия, формированию взаимного интереса и обмену культурными ценностями между народами» [6].

Специалисты в области туризма считают, что развивать социальный туризм целесообразно в рамках ФЦП (Федеральной целевой программы) «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2011–2018 годы)» [7] и Государственной программы Российской Федерации «Развитие культуры и туризма на 2013–2020 годы» [8]. В ФЦП были предложены меры по модернизации туристской отрасли, в которой развитие массового туризма предполагается решать за счет следующих мер государственной поддержки:

- «создание благоприятного режима для инвестиций в туристскую инфраструктуру;
- максимальное вовлечение туризма в популяризацию и использование историко-культурного наследия России;
- развитие и продвижение культурного туризма как основы для повышения культурного и образовательного уровня».

Если эти меры будут реализованы, массовый туризм станет определяющим звеном российской модели туризма. В рамках этой модели формирование системы социального туризма, безусловно, должно стать основной в системе туризма.

Россия обладает огромными туристскими возможностями. На ее территории находятся двадцать объектов из списка Всемирного наследия ЮНЕСКО, в том числе тринадцать объектов культурного наследия. В России размещается объектов природного и культурного значения – 81426; местного значения – 58029 и тридцать пять национальных парков. В стране в настоящее время насчитывается более 80 млн музейных экспонатов, которые хранятся в полутора тысячах муниципальных и государственных музеев. В России к историко-культурному наследию относятся 539 поселений, представляющих огромный интерес для туристов [9]. Актуальность ускоренного развития социального туризма определена и тем, что в связи с экономическими трудностями в стране изменилась структура туристских потоков: поток за рубеж сократился на 20–25%, а внутренний туризм вырос в среднем на 15% [10]. При этом охват всеми формами социального туризма составляет лишь 5% малоимущего населения

страны. Большая часть жителей не имеют возможности в полной мере воспользоваться своим отпуском и проводят время на даче (18%) либо дома (56%). Главной причиной этого является недостаток у граждан материальных средств. Следовательно, для развития социального туризма необходимо создать механизмы поддержки граждан, финансовое или физическое состояние которых ограничивает их возможности для организации поездок с целью рекреации и проведения досуга [11].

В стране пока недостаточно используется советский опыт такого традиционного ресурса социального туризма, как рекреация и оздоровление населения в санаторно-курортных организациях. Их количество за прошедшие годы сократилось практически на 20%. Несмотря на то, что в отрасли немало проблем, связанных с высокой стоимостью путевок, качеством сервиса, сокращением программ санаторно-курортного обслуживания социально незащищенных слоев российских граждан, примерно 2 тысячи санаториев продолжают работать, в них ежегодно отдыхают практически 8 млн человек [12].

В последние годы развитие туризма в государстве приобретает региональную специфику. Особенности регионов отражаются на моделях управления сферой туризма. В соответствии с этим и система управления туризмом должна согласовываться с региональными системами управления, сформированными на базе реализуемых стратегий развития конкретных регионов. Необходимо отметить, что в отсутствие единой государственной системы развития социального туризма некоторые регионы России (Республика Башкортостан, Ставропольский край, Краснодар, Санкт-Петербург и др.) удачно реализуют собственные проекты, в том числе по поддержке отдыха и лечения для инвалидов, детей из малообеспеченных семей, ветеранов и других социально незащищенных категорий. Это способствует увеличению занятости местного населения, сохранению и развитию природного и культурного потенциала регионов. Кроме того, это средство поддержки материально-технической и лечебной базы курортного комплекса России в низкий сезон и межсезонье. Однако без формирования системы социального туризма в России, невозможно сделать туризм массовым явлением и одной из существенных доходных статей государственного бюджета.

В настоящее время в стадии реализации находится общероссийский проект «Туризм в интересах старшего поколения», который предполагает формирование и реализацию

комплекса мероприятий, направленных на укрепление здоровья граждан старшего поколения и социальную адаптацию инвалидов. В рамках этого проекта создаются специализированные туры и экскурсии оздоровительной, культурно-познавательной и событийной направленности. Этот проект позволит объединить все программы развития социального туризма на муниципальном, региональном и федеральном уровнях, цель которых – развитие туризма в интересах людей старшего поколения.

Специалистами Ростуризма разработана программа стимулирования социального туризма «Отдых» с использованием опыта зарубежных стран. Для реализации этой программы необходимо внести изменения в Налоговый кодекс РФ и разрешить работодателям относить выделение средств на отдых к затратам. Необходимо обеспечить выпуск социальных карт, позволяющих оплачивать по безналичному расчету только отдых и трансфер к месту первичной дестинации. Данный проект Ростуризма был разослан во все субъекты Российской Федерации, и более 60% регионов отнеслись к нему положительно [13].

Анализ нынешнего состояния сферы туризма в Приморском крае показывает, что эта отрасль в целом развивается стабильно и динамично [14]. «На территории Приморского края функционирует туристская инфраструктура, включающая более 200 баз отдыха, 230 коллективных средств размещения, 23 санаторно-курортных учреждения. В крае свыше 2000 единиц памятников истории и культуры, один из крупнейших в мире океанариумов» [7]. С целью создания условий для развития внутреннего туризма органами местного самоуправления Приморского края совместно с социально-ориентированными некоммерческими организациями принимаются меры по развитию социального туризма.

Таким образом, ключевым элементом успешного развития современного туристского комплекса в России, направленного на массовые туристские потоки и предусматривающего значительные долгосрочные частные инвестиции, должен стать социальный туризм. Условием для этого может стать:

- создание законодательно-правовой основы развития социального туризма в Российской Федерации;
- широкое вовлечение в систему туризма малоимущих слоев населения;
- разработка системы стимулирующих экономических мер для организаторов социального туризма и льгот для его участников при оказании туристских услуг;

– государственно-частное партнерство в проектах развития социального туризма;
– создание программ развития социального туризма на региональном и муниципальном уровнях.

Реализация этих условий позволит гармонично развиваться всем основным подсистемам туризма: территориальной, социальной и экономической, что будет способствовать повышению качества жизни и оздоровлению российских граждан, более динамичному социально-экономическому развитию регионов и России в целом.

Список литературы

1. Власенко А.А., Царева Н.А. Развитие культурного туризма в Приморском крае: создание многофункционального туристского комплекса // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. – № 1(18). – С. 49–52.
2. Гагская декларация по туризму [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rostourunion.ru/proekty_v_rst/megdunarodnye_pravovye_akty. (дата обращения: 13.11.2017).
3. Федеральный закон РФ «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» № 132-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12462/ (дата обращения: 13.11.2017).
4. Основы туризма: учебник / коллектив авторов; под ред. Е.Л. Писаревского. – М.: Федеральное агентство по туризму, 2014. – 384 с.
5. Александрова А.Ю. Международный туризм: учебник / А.Ю. Александрова. – М.: КноРус, 2016. – 460 с.
6. Кабиров И.С. Специфика развития социального туризма в Российской Федерации // Актуальные проблемы экономики и права». – 2013. – № 1. – С. 79–83.
7. ФЦП «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2011–2018 годы)». Постановление Правительства РФ от 19.07.2010 (с изменениями) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://base.garant.ru/55171986/> (дата обращения: 13.11.2017).
8. Государственная программа «Развитие культуры и туризма на 2013–2020 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.russiatourism.ru/contents/deyatelnost/programmy-i-proekty>. (дата обращения: 13.11.2017).
9. Хетагурова В.Ш. Экономический кризис как стимулирующий фактор развития социально-ориентированного туризма на постсоветском пространстве / В.Ш. Хетагурова // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2016. – № 11. – С. 207–211.
10. Трофимов Е.Н. Социальный туризм в России и в Европе / Е.Н. Трофимов // Вестник РМАТ. – 2014. – № 3. – С. 3–10.
11. Социальный туризм привлекает внимание государства // Rata-news 2017. – №3373 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ratanews.ru/news/news_10092013_6.stm (дата обращения: 13.11.2017).
12. Стрижова О.С. Социальный туризм в России: проблемы и перспективы развития / О.С. Стрижова, Н.Н. Праздникова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <file:///C:/Users/08042017/Downloads/1835-6786-1-SM.pdf> (дата обращения: 13.11.2017).
13. Какие перспективы у социального туризма в России? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tourbus.ru/news/7541.html> (дата обращения: 13.11.2017).
14. Vlasenko A.A., Tsareva N.A. The places of settlement of koreans in the Primorsky region as a factor of enhancing cultural tourism in the region // Journal of Environmental Management and Tourism. – 2015. – Issue2 (12). – P. 346–352.

УДК 338.24

ОЦЕНКА ТЕКУЩЕГО УРОВНЯ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Токсина Е.В., Анопченко Т.Ю.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, e-mail: toksina_ev@mail.ru, davidova@mail.ru

В статье рассмотрены основные факторы, препятствующие экологизации хозяйственной деятельности предприятий, которые обуславливают необходимость проведения ряда мероприятий по совершенствованию системы инструментов стимулирования экологизации. Такие мероприятия подразумевают решение ряда первоочередных задач. Одной из таких задач является обеспечение органов государственной власти информацией о текущем уровне экологизации предприятий. В качестве решения данной задачи автором предложена методика оценки текущего уровня экологизации хозяйственной деятельности предприятий с помощью системы специальных коэффициентов. Предложенная система коэффициентов позволит регуляторам оценивать текущий уровень экологизации предприятий и в зависимости от полученных значений применять к ним соответствующие административные или экономические инструменты стимулирования экологизации дифференцированно. Также система оценки текущего уровня экологизации хозяйственной деятельности предприятия может стать источником информации для прочих заинтересованных лиц, например финансовых организаций, для целей финансирования мероприятий по экологизации отдельных предприятий.

Ключевые слова: экологизация предприятий, текущий уровень экологизации хозяйственной деятельности предприятий, система эколого-экономических коэффициентов, причины низкой экологизации хозяйственной деятельности предприятий

SYSTEM OF SPECIAL INDICATORS FOR THE ECOLOGIZATION LEVEL ASSESSMENT

Toksina E.V., Anopchenko T.Yu.

South Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: toksina_ev@mail.ru, davidova@mail.ru

Article considers key barriers for business ecologisation, which causes necessity of some actions to stimulate improvement of the ecologization tools system. These actions mean solving a list of a high-priority problems. Informing of the governmental bodies about business ecologization level is one of such problems. As a solution for this problem author offers a method of ecologization level assessment by the system of special indicators. Offered system of indicators let the governmental bodies to appraise current ecologization level of enterprises and to apply administrative and economic ecologization stimulation tools differently. This assesment system also must help other interested users to get information about business ecologization level. For example, to banks for financing of ecologization projects.

Keywords: business ecologization, ecologization level, system of ecologo-economic indicators, causes of low ecologization level

В последние годы в Российской Федерации наблюдается увеличение интереса государства и общества к вопросам защиты окружающей среды. Однако наличие глубоких эколого-экономических противоречий, накопленных к сегодняшнему дню, делает процесс стимулирования экологизации хозяйственной деятельности предприятий (далее – ХДП) достаточно сложным. В последние годы все большее количество ученых-экономистов, например Р.С. Володин [1], О.В. Казнина [2], А.Е. Сафронов [3] и пр., исследуют проблему стимулирования экологизации, однако нужно отметить отсутствие комплексного подхода к выявлению препятствий экологизации ХДП и как следствие, к поиску инструментов стимулирования.

В целом в Российской Федерации можно выделить следующие общие факторы, препятствующие экологизации предприятий (рис. 1):

1. Предприятия не располагают достаточной информацией в сфере экологии производства. Собственники и руководство имеют ограниченные знания о путях и методах экологизации деятельности. Предприятия рассматривают применяемые государством инструменты экологизации как дополнительную нагрузку, а не как стимул сделать свою деятельность более экологичной и экономически эффективной.

2. Нестабильное финансовое положение российских компаний. Природоохранные технологии требуют относительно высоких расходов в краткосрочной перспективе, а дополнительные выгоды приносят в более долгосрочной перспективе, что препятствует внедрению таких технологий.

3. В части сегмента малых и средних предприятий, микропредприятий – ошибочное мнение, что малые компании оказывают незначительное воздействие на окружающую

щую среду, и о том, что у них нет экологических проблем.

4. Проблема финансирования. Отсутствие в РФ системы экологических фондов и финансовых организаций, которые бы на льготных условиях осуществляли кредитование предприятий, внедряющих экологичные технологии.

5. Отсутствие в РФ информационных систем, содержащих сконцентрированную, полную и актуальную информацию в области природопользования и экологии для собственников и управленцев предприятий.

6. Отсутствие дифференциации административных процедур в зависимости от уровня экологизированности предприятий.

7. Система налоговых льгот применима только в отношении объектов, имеющих высокую энергетическую эффективность.

8. Налогообложение не дифференцировано в отношении товаров, имеющих природоохранное значение, например в настоящее время ставки акцизов на биотопливо находятся на высоком уровне.

9. Государственные органы не располагают полной и достоверной информацией о степени экологизированности предприятий.

10. Имеются определенные трудности администрирования и контроля предприятий со стороны регуляторов. Отсутствует система экологического аудита.

11. Ряд экономических инструментов стимулирования не имеют механизма исполнения, либо механизм неудобен/трудно выполним.

12. Экологизация экономики и, в частности, предприятий не является одной из приоритетных задач социально-экономической политики РФ. Улучшение качества окружающей среды и экологических условий жизни человека упомянуто в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. [4] лишь как одна из целей направления перехода к инновационному социально ориентированному типу экономического развития.

Приведенные выше причины указывают нам на необходимость реализации ряда мероприятий по совершенствованию инструментов стимулирования экологизации хозяйственной деятельности предприятий, для чего необходимо решить некоторые первоочередные задачи в данной области. Одной из таких задач является разработка системы оценки текущего уровня экологизации предприятий.

Оценка текущего уровня экологизации хозяйственной деятельности предприятий может быть реализована через последовательное применение ряда методов: использование специальных форм экологизиро-

ванной бухгалтерской отчетности, расчет специальных коэффициентов, применение экологического рейтингования.

Рассмотрим подробнее систему специальных коэффициентов для целей оценки текущего уровня экологизации.

Разделим интересующие нас показатели и коэффициенты на несколько блоков:

I. Показатели рыночного положения компании.

Здесь нас интересует показатель доли регионального рынка, занимаемой предприятием:

$$V_n = S_1/S_m,$$

где S_1 – объем продаж предприятия (млн руб.), S_m – объем продаж отрасли в конкретном регионе (млн руб.).

II. Показатели уровня негативного влияния предприятия на окружающую среду:

1. Абсолютные показатели:

– количество выбросов за период ($V_{ов}$) в том числе сверхнормативных ($V_{св}$);

– количество сбросов за период ($V_{ос}$) в том числе сверхнормативных ($V_{сс}$);

– количество отходов, образующихся в результате производства продукции за период ($V_{оо}$) в том числе сверхнормативных ($V_{со}$).

2. Доля сверхнормативных выбросов, сбросов и образовавшихся отходов в общем объеме выбросов, сбросов и отходов предприятия соответственно.

$$\alpha_b = V_{св}/V_{ов},$$

$$\alpha_c = V_{сс}/V_{ос},$$

$$\alpha_o = V_{со}/V_{оо}.$$

3. Число аварийных ситуаций за весь период существования предприятия.

4. Доля негативного воздействия, оказываемого предприятием на окружающую среду ($НВ_1$), в общем объеме негативного воздействия, оказываемого предприятиями отрасли в данном регионе ($НВ_p$).

$$\mu_{нв} = НВ_1/НВ_p,$$

где негативное воздействие на окружающую среду, оказываемое предприятием или отраслью, рассчитывается следующим образом:

$$НВ_{1,p} = НВ_{выбр} + НВ_{сбр} + НВ_{отх},$$

где $НВ_{выбр, сбр, отх}$ – это негативное воздействие на окружающую среду, оказываемое в результате выбросов, сбросов и размещения отходов в денежной оценке.

При этом все вышеуказанные виды негативного воздействия рассчитываются следующим образом:

$$НВ_n = \sum \Pi_n \cdot \sum V_n,$$

где $\Pi_{нв}$ – плата за тонну выбросов, сбросов, размещенных отходов;

V_n – объем выбросов, сбросов осуществлённых за период, а также объем размещённых отходов.

В случае если оценить негативное воздействие предприятия на окружающую

среду можно только на основании фрагментарных данных, то для расчетов могут использоваться имеющиеся данные в натуральных выражениях (тоннах выбросов, сбросов, размещенных отходов).



Рис. 1. Причины низкого уровня экологизации предприятий в РФ [5–7]

Конечно, оптимальным вариантом оценки было бы проведение расчета на основании данных о наносимом предприятием экономическом ущербе в результате воздействия на окружающую среду. Однако в настоящее время показатель экономического ущерба от экологических воздействий нарушений не имеет пока информационной базы для расчета. Более того, экономический ущерб от экологических нарушений не имеет пока четкого определения не только в плане методов количественного измерения, но и на содержательном уровне [8].

В случае наличия информации об объеме ущерба, наносимого предприятием окружающей среде, возможно построение оценки на основании следующей информации:

Доля ущерба, наносимого предприятием окружающей среде (Y_1) в общем объеме ущерба, наносимого предприятиями отрасли в данном регионе (Y_p).

$$\mu_y = Y_1/Y_p,$$

где ущерб, наносимый предприятием или отраслью, рассчитывается следующим образом:

$$Y_{1,p} = Y_{атм} + Y_{вод} + Y_3 + Y_n + Y_ф,$$

где $Y_{атм, вод, з, и, н}$ – это ущерб, наносимый атмосферному воздуху, водному бассейну, земельным угодьям, недрам, флоре и фауне.

При этом все вышеуказанные виды ущерба рассчитываются следующим образом:

$$Y_n = \sum C_p \cdot \sum V_n,$$

где C_p – ценность ресурса соответствующего качества, а V_n – объем используемого ресурса.

5. Коэффициент соразмерности негативного влияния предприятия на окружающую среду:

$$\beta = \mu_y / V_n,$$

где μ_y – доля ущерба, наносимого предприятием окружающей среде в общем объеме ущерба, наносимого предприятиями отрасли в данном регионе;

V_n – доля регионального рынка, занимаемой предприятием.

III. Показатели уровня исполнения обязательств по природоохранным платежам;

1. Доля задолженностей (K_3) по уплате экологических платежей ($Z_{эп}$) в общей сумме таких платежей, подлежащей к уплате предприятием за истекший год (ЭП):

$$K_3 = Z_{эп} / \text{ЭП}.$$

2. Коэффициент правильности расчета природоохранных и экологических платежей:

$$K_{прпн} = P_y / P_p,$$

где P_y – сумма уплаченных природоохранных и экологических платежей за период;

P_p – сумма, подлежащая к уплате за период, рассчитанная независимым наблюдателем.

IV. Показатели производственно-технического уровня экологизации.

1. Для целей базовой оценки технического уровня экологизации предприятия достаточно рассчитать коэффициент технической оснащенности:

$$K_{т.о.} = \frac{Ч_{с.п.}}{Ч},$$

где $Ч_{с.п.}$ – число деталиеопераций, выполненных с помощью специального энергоэффективного или ресурсосберегающего оборудования за период;

$Ч$ – общее число деталиеопераций за период.

2. Коэффициент экологизированности продукции как отношение количества экологизированной продукции к общему количеству продукции:

$$K_3 = \sum NP_{ib} / \sum NP_i,$$

где N_i – выпуск продукции,

P_i – цена данного вида изделия.

Под экологизированной продукцией при этом понимается продукция, произведенная при сокращении негативного воздействия на окружающую среду либо обладающая экологическими свойствами.

Данный показатель можно также рассчитать с помощью информации, содержащейся в экологизированной бухгалтерской отчетности.

3. Доля повторно используемых материалов, ресурсов (M_p) в общем объеме материалов и ресурсов, приходящихся на единицу продукции (M):

$$K_{пп} = M_p / M.$$

4. Доля опасных материалов (M_o) в общем объеме материалов, приходящихся на производство единицы продукции (M)

$$K_o = M_o / M.$$

После расчета приведенных коэффициентов, каждому полученному значению присваивается индивидуальный уровень экологизации в зависимости от принадлежности к определенному диапазону (см. рис. 2), от низкого до высокого.

Определение общего уровня экологизации производится по максимальному количеству значений, соответствующих определенному уровню экологизации. Если по разным уровням получено одинаковое количество значений, то в целях оценки используется наихудший показатель. На основании рассчитанных коэффициентов и полученного результата по степени экологизации предприятия, финальным этапом оценки степени экологизации предприятия может стать присвоение экологического рейтинга, основанного на оценке дополнительных управленческих и финансовых характеристик предприятия.

	Нулевой уровень экологизации предприятия	Экологизация предприятия находится на низком уровне	Экологизация предприятия находится на уровне ниже среднего	Экологизация предприятия находится на среднем уровне	Экологизация предприятия находится на уровне выше среднего	Экологизация предприятия находится на высоком уровне
Доля ущерба, наносимого предприятием окружающей среде в общем объеме ущерба, наносимого предприятиями отрасли в данном регионе	>90%	60-90%	41-60%	30-40%	10-30%	<10%
Коэффициент соразмерности негативного влияния предприятия на окружающую среду	>3	>1	1	1	<1	0
Доля задолженностей по уплате экологических платежей в общей сумме таких платежей, подлежащей к уплате предприятием за истекший год	>80%	80-50%	50-30%	10-30%	<10%	0%
Коэффициент правильности расчета природоохранных и экологических платежей	>1	>1	>1	>1	1	1
коэффициент технической оснащенности	0%	0-10%	10-30%	31-60%	61-99%	100%
Коэффициент экологизированности продукции	0%	0-15%	16-49%	50-79%	80-99%	100%
Доля повторно используемых материалов, ресурсов в общем объеме материалов и ресурсов, приходящихся на единицу продукции	0%	0-10%	10-39%	40-50%	51-89%	90-100%
Доля опасных материалов в общем объеме материалов, приходящихся на производство единицы продукции	>50%	16-49%	15-10%	1-10%	<1%	0%

Рис. 2. Оценка уровня экологизации хозяйственной деятельности предприятия

Предложенная система коэффициентов для целей оценки текущего уровня экологизации хозяйственной деятельности предприятий может стать базой для применения дифференцированных нормативных и экономических инструментов стимулирования экологизации предприятий.

Список литературы

1. Володин Р.С. Анализ инструментов обеспечения и стимулирования процесса экологизации хозяйственной деятельности предприятий // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2015. – № 6 (51).
2. Казнина О.В. Экологизация бизнеса: как стимулировать производителей // Менеджмент сегодня. – 2015. – № 6.
3. Сафронов А.Е. Экономические инструменты экологизации хозяйственной деятельности в Российской Федерации // Экономика природопользования. – 2010. – № 2. – С. 120–126.

4. О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации № 1662-р от 17.11.2008 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://economy.gov.ru/minec> (дата обращения: 03.12.2017).

5. ГОСТ Р ИСО 14031-2016 Экологический менеджмент. Оценка экологической эффективности. Руководство по оценке экологической эффективности: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 декабря 2016 г. № 1941-ст [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200142908> (дата обращения: 03.12.2017).

6. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30 декабря 2001 г. № 195-ФЗ (ред. от 30.10.2017) [Электронный ресурс]. – URL: <http://ivo.garant.ru> (дата обращения: 03.12.2017).

7. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 29.07.2017) [Электронный ресурс]. – URL: <http://ivo.garant.ru> (дата обращения: 03.12.2017).

8. Рюмина Е.В. Экологический анализ ущерба от экологических нарушений / Е.В. Рюмина. – М.: Наука, 2009. – 266 с.

УДК 339.564.4(510)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА СОЕВЫХ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ В КИТАЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВ ЭКСПОРТА

Усова М.В., Палагина М.В., Фищенко Е.С., Набокова А.А.

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, e-mail: malina_glam@mail.ru, marina-palagina@yandex.ru, evgeniya_goricka@mail.ru, anastasiya@newmail.ru

Исследование рынка соевых ферментированных продуктов с целью определения свободных и мало-развитых сегментов является перспективным для развития экспортного потенциала России. В статье представлены: обзор рынка сои и продуктов ее переработки в Китайской Народной Республике (КНР), анализ данных изучения ассортимента соевых ферментированных продуктов (соевые соусы, соевые твороги – тофу, соевые ферментированные пасты), представленных на рынке. Исследование было проведено на юге Китая в городе Гуанчжоу (КНР), который является столицей провинции Гуандун – лидера по производству и росту потребления этих продуктов в Китае. Исследование ассортимента было проведено полевым методом. По результатам исследования были определены перспективные сегменты рынка, которые представляют значительный потенциал для освоения их отечественными производителями.

Ключевые слова: рынок Китая, экспорт, соевые ферментированные продукты, исследование рынка, исследование ассортимента

CHINA SOYBEAN FERMENTED PRODUCTS MARKET RESEARCH FOR DETERMINATION OF THE EXPORT OPPORTUNITIES

Usova M.V., Palagina M.V., Fishchenko E.S., Nabokova A.A.

Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: malina_glam@mail.ru, marina-palagina@yandex.ru, evgeniya_goricka@mail.ru, anastasiya@newmail.ru

Soybean fermented products market research in order to identify vacant and poorly developed segments is perspective for the development of Russian export potential. The article presents: China soybeans and processed soybeans products market review, data analysis of the range of soy fermented products (soy sauces, tofu, fermented soybean paste). The study was conducted in southern part of China, Guangzhou city, which is the capital of Guangdong province and leader in of the production and growth of consumption of these products in China. The range of soy fermented products was investigated by field method. The results of the study identified perspective market segments, which represent significant potential of it's development by Russian manufacturers.

Keywords: China market, export, soybean fermented products, market research, assortment research

Сложившаяся в последние годы в России экономическая ситуация стала причиной нового курса в сфере производства продовольственных товаров. Политика государства направлена на импортозамещение и наращивание собственных производственных мощностей для того, чтобы не только покрыть внутренние потребности страны в продукции сельского хозяйства и продовольственных товарах, но также увеличить экспорт и обеспечить возможность устойчивого экономического роста.

Важнейшей продовольственной культурой, продукты из которой имеют существенный экспортный потенциал, является соя [1]. Объем ее производства и посевные площади увеличиваются с каждым годом; Дальневосточный регион занимает лидирующее положение среди регионов России по производству сои. Производство продуктов переработки сои в Российской Федерации имеет устойчивую тенденцию к росту [2].

В настоящее время соевые продукты широко распространены во всем мире, и интерес к ним постоянно растет [3]. Эти продукты являются традиционными в странах

Юго-Восточной Азии, а в связи с развитием IT-технологий информация о полезных свойствах соевых продуктов стала доступна большому количеству людей по всему миру, что вызвало значительный интерес и, как следствие, рост их популярности [4].

Рынок Юго-Восточной Азии, и в особенности Китайской Народной Республики (КНР), имеет значительный потенциал для экспорта продовольственных товаров российского производства, в том числе и соевых ферментированных продуктов. Это обусловлено тем, что в Китае в последние годы активно растут доходы населения и повышается качество жизни, что в свою очередь стимулирует потребление импортных высококачественных продуктов питания [5]. По данным на 2015 и 2016 гг. рынок сои в Китае является импортозависимым: лишь 12,3% потребляемой сои выращивается на территории КНР, остальные – 87,7% – завозятся из-за рубежа, что приводит к удорожанию производства соевых продуктов на территории Китая [6]. При этом 50% производимых в Китае традиционных ферментированных продуктов из сои («творо-

ги» тофу, соусы, ферментированные пасты) производятся из генетически немодифицированных бобов, и это свидетельствует о том, что высококачественные ферментированные продукты из такой сои обладают высокой популярностью в Китае. В КНР не хватает собственных ресурсов для выращивания этой культуры, поэтому перспективной с экономической точки зрения является поставка не столько сырья, сколько переработанных продуктов, готовых к потреблению [6].

В России в Дальневосточном регионе выращивается генетически немодифицированная соя, из нее производится большое количество высококачественных продуктов, в том числе и ферментированных. Однако большинство отечественных производителей не имеют достаточной достоверной информации о современной ситуации на рынке соевых продуктов в Китае и, как следствие, не знают о возможностях поставок и реализации такой продукции в этой стране.

Цель исследования

Изучение ассортимента соевых ферментированных продуктов в Китайской Народной Республике с выявлением возможных перспективных сегментов рынка для продвижения соответствующей продукции, производимой в Российской Федерации.

Материалы и методы исследования

Методология исследований товарных рынков, как правило, базируется на соединении экономического анализа и прикладных методов, разработанных в математической статистике [1]. В настоящее время в качестве объекта маркетингового исследования товарный рынок соевых ферментированных продуктов в Китае представляет собой систему рыночных условий, являющихся результатом диалектического взаимодействия производственного и потребительского потенциала рынка [7].

Нами было проведено исследование рынка соевых ферментированных продуктов КНР на примере г. Гуанчжоу (провинция Гуандун). Оно включало следующие этапы: обзор информационных (в том числе литературных) источников, сбор исходных сведений об ассортименте соевых ферментированных продуктов (на основании изучения маркировочной информации продуктов), представленных на рынке г. Гуанчжоу полевым методом, анализ полученной информации и собственная интерпретация результатов исследования о состоянии и тенденциях развития рынка.

Результаты исследования и их обсуждение

По данным информационных источников основная часть производств соевых ферментированных продуктов в КНР сосредоточена в провинциях Гуандун, Шаньдун и Хэнань [6]. Их доли в 2016 г. составляли

31,2%, 10,7% и 10,2% (соответственно) от общего объема производства этих продуктов в стране. В совокупности эти три провинции обеспечивали более половины соевых ферментированных продуктов, производимых на территории Китая.

Провинция Гуандун явилась лидером по производству соевых ферментированных продуктов в Китае, в том числе и по производству соевого соуса. К 2017 г. общий объем производства соевого соуса в провинции Гуандун достиг 4,0 млн тонн в год, что составляло 42,6% от общего объема выпуска этого продукта в КНР. Такие высокие показатели были обусловлены несколькими факторами: высоким растущим спросом на соевые ферментированные продукты на юге страны, упрощенным доступом к импортной сое (за счет географического положения провинции), а также активным использованием и внедрением новых технологий предприятиями-производителями [8]. В связи с тем, что провинция Гуандун оказалась самым крупным производителем соевых ферментированных продуктов в Китае, исследование ассортимента соевых ферментированных продуктов в КНР на примере именно этой провинции явилось актуальным.

Исследование ассортимента соевых ферментированных продуктов проводили в трех крупных торговых точках г. Гуанчжоу (наиболее крупный административный центр провинции Гуандун). Натурные наблюдения авторы настоящей работы осуществляли в супермаркетах, расположенных в разных частях города: супермаркете премиум класса «Ole'» (в центре города), в сетевом супермаркете «AEON» (вблизи железнодорожного вокзала) и в супермаркете «Century Mart» (расположенном в густонаселенном районе вдали от центра города). Время исследования – март – апрель 2017 г.

В результате проведенных исследований было показано, что на рынке Китая (на примере выбранных торговых точек г. Гуанчжоу) из 120 видов соевых ферментированных продуктов, соусами представлено 87% продукции, сырами тофу – 11%, острыми пастами – 2%. При этом, соевые соусы предлагались как специальные продукты для детей, соусы «премиум», «золотых» и «серебряных» марок, соусы для суши, сашими и соусы с морепродуктами, грибами, органическими и другими составляющими. Ассортимент тофу был представлен более чем 20 видами: это – тофу шелковый, полотняный, листовой, жареный, копченый, тофу с ароматом чая и другие.

Соевые соусы, реализуемые в розничной сети г. Гуанчжоу, были расфасованы в пластиковую и стеклянную тару объемом от 150 до 1900 мл. Встречалась также продукция в специальной подарочной керамической таре, упакованная в красочные картонные коробки. Это свидетельствует о том, что соевые соусы выступали не только в качестве традиционной продуктовой приправы, но и в качестве подарка. В Китае традиционно принято дарить полезные дорогие подарки, поэтому полезные для здоровья продукты премиального класса в подарочной упаковке всегда пользуются большим спросом.

Несмотря на то, что «здоровое» питание традиционно популярно среди китайского населения (а в розничной сети часто можно встретить продукты со специальными лечебными и биологически активными добавками), обогащенные соевые продукты в продаже не встречались.

Рынок Китая долгое время был труднодоступен для импортных продуктов, но в последнее время ситуация изменилась. Настоящее исследование показало, что в продаже в розничной сети г. Гуанчжоу присутствовали импортные соевые ферментированные продукты (рис. 1).

Среди стран экспортеров соевой ферментированной продукции на китайский рынок лидирующее положение занимали Япония и Корея – ближайшие географические соседи, для которых эти продукты также являются традиционными в питании населения. В небольшом объеме была пред-

ставлена продукция из Сингапура и Тайваня. Российские соевые ферментированные продукты на рынке Китая отсутствовали.

Среди всех регионов-производителей Китая лидирующее положение занимала провинция Гуандун, расположенная на юго-востоке Китая (83% от всей представленной в розничной сети Гуанчжоу соевой ферментированной продукции) (рис. 2). Второе место принадлежало провинции Шаньдун, на долю которой приходилось 9% всей соевой ферментированной продукции. Эта провинция традиционно производит большое количество соевых соусов, которые распространены не только в Китае, но и за рубежом. Другие регионы занимали более «скромное» место в розничной сети Гуанчжоу: провинция Цзянсу – 2,6%, Шанхай – 2,6%, Пекин – 2%, провинции Хунань, Сычуань, Хэбэй – около 1%.

При анализе цен на соевые ферментированные продукты, представленные на рынке Гуанчжоу, мы провели перерасчет цен, номинированных в юанях, на рубли. Использовали средневзвешенный курс 1 юаня в марте – мае 2017 г. – 8,5 руб. В Гуанчжоу цены на эти продукты варьировали в зависимости от точки продажи. Так в супермаркете «Century Mart» наблюдали самые низкие цены, а в супермаркете премиум-класса «Ole'» – самые высокие. Цены на соевые соусы китайского производства варьировали в пределах от 0,08 до 0,94 руб. за 1 мл готовой продукции, цены на импортные соевые соусы находились в пределах от 0,22 до 1,95 руб. за 1 мл (рис. 3).

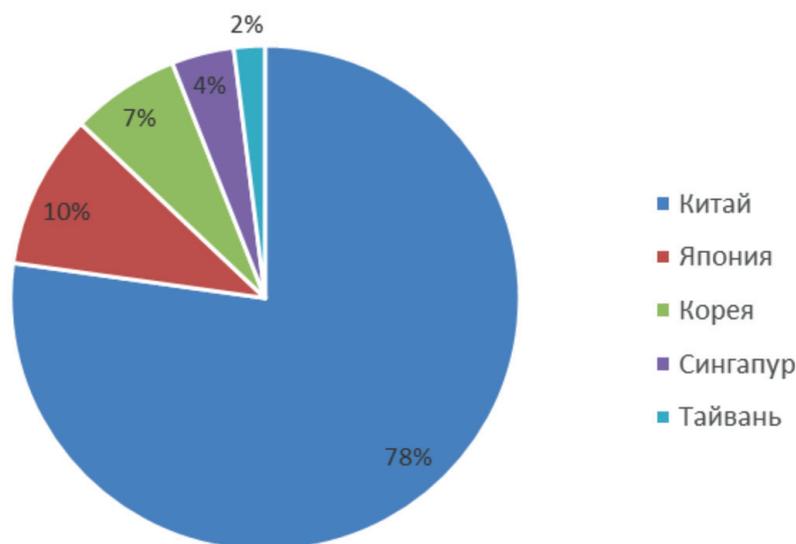


Рис. 1. Страны-производители, представлявшие свою продукцию на рынке соевых ферментированных продуктов в г. Гуанчжоу, и их доля (%)

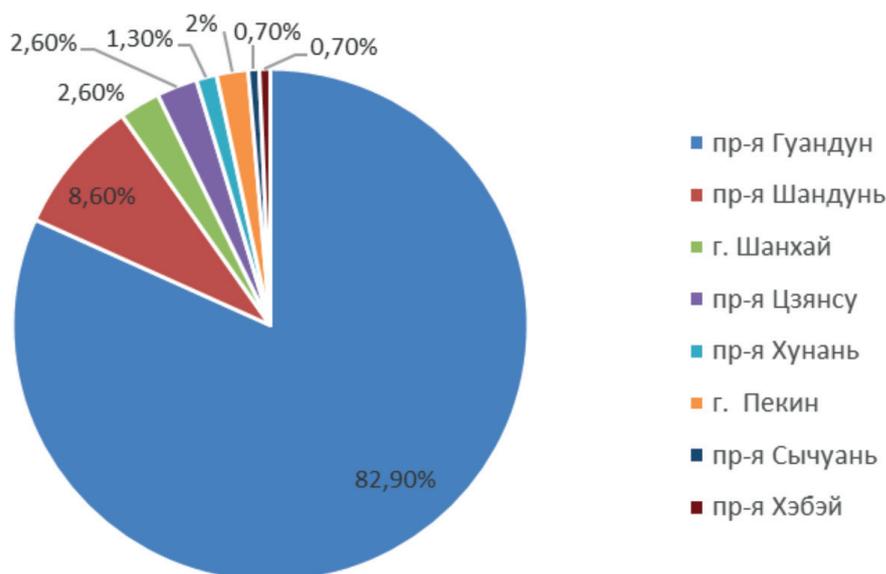


Рис. 2. Регионы Китая, представившие свою продукцию на рынке соевых ферментированных продуктов в г. Гуанчжоу, и их доля (%)

Самыми дорогими среди производимых в Китае соевых соусов были органические продукты и продукты «премиум» сегмента в подарочной упаковке. Среди импортных товаров наиболее дорогими оказались продукты из Японии и Тайваня. Так, самая высокая цена за 1 мл соевого соуса произведенного в Японии, была вдвое выше, чем самая высокая цена за 1 мл соевого соуса, произведенного в Китае. Было показано, что наиболее дешевые среди импортных соевых соусов – это соусы, произведенные в Корее. Тем не менее самая низкая цена за 1 мл соусов корейского производства оказалась значительно выше, чем цена у соответствующего соуса, произведенного в Китае.

Наибольший разброс по цене наблюдали среди соусов китайского производства вне зависимости от тары и упаковки, что, видимо, объясняется разницей в качестве продукта, а не издержками на красочную тару и упаковку соевых соусов. Также по цене значительно отличались соусы сингапурского и японского производства, что может быть связано как с различием в качестве сырья и методах производства, так и с издержками на тару и упаковку. Например, соусы в стеклянной таре предлагались значительно дороже, чем в пластиковой. Наименьшая разница в цене между самыми дорогими и самыми дешевыми продуктами оказалась у соусов корейских

производителей, что косвенно свидетельствовало о высоком качестве всей производимой в Корее продукции.

Соевые «сыры» тофу в розничной сети Гуанчжоу были представлены производителями Китая и Кореи (рис. 4).

Цены на эти продукты варьировали от 0,07 руб. до 0,26 руб. за 1 г готовой продукции. При этом показано, что более дорогая корейская продукция, как и более дешевая китайская, была упакована в пластиковую тару, то есть стоимость тары несущественно влияла на цену товара.

Самыми дорогими «сырами» тофу оказались товары из серии «продукции для вегетарианцев». С одной стороны, эти продукты ориентированы на иностранных покупателей, которые могут позволить себе покупать их по ценам выше средних, с другой стороны, данные продукты ориентированы и на богатых китайцев, которые следят за западной модой и тенденциями и стараются их придерживаться. Это, видимо, объясняется тем, что вегетарианство является модным течением не только среди европейцев, но и китайцев, стремящихся следовать европейским тенденциям. Таким образом, мы считаем, что разница между самой высокой и самой низкой ценой на тофу китайского производства объясняется не различием в качестве, а позиционированием товара – брендингом.

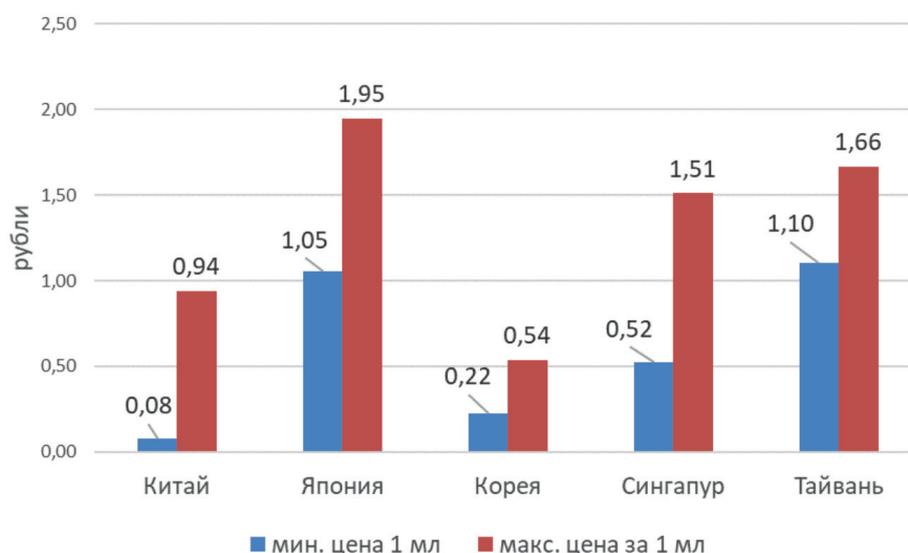


Рис. 3. Ценовой диапазон за 1 мл соевого соуса, реализуемого в розничной сети г. Гуанчжоу, в зависимости от страны-производителя

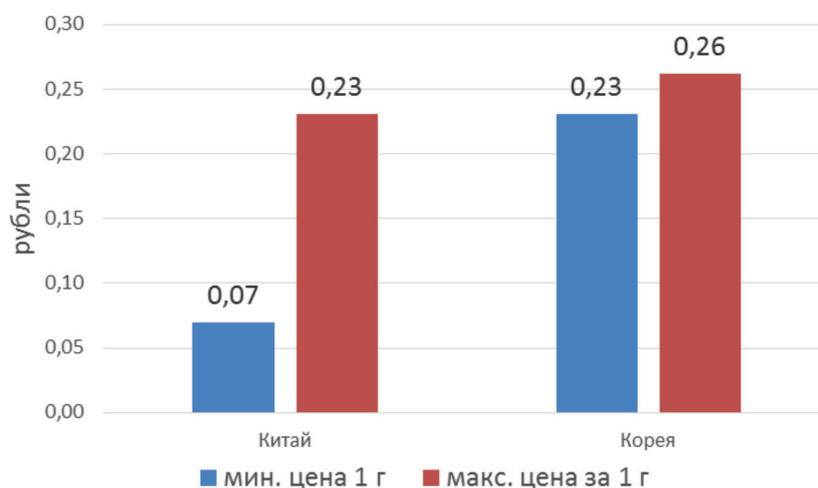


Рис. 4. Ценовой диапазон за 1 г тофу, реализуемого в розничной сети г. Гуанчжоу, в зависимости от страны-производителя

Выводы

Китайский рынок соевых ферментированных продуктов представлен широким ассортиментом местных и импортных изделий, при этом Китайская Народная Республика не имеет достаточных собственных ресурсов для их производства. Соевые ферментированные продукты, обогащенные полезными биологически активными компонентами, отсутствуют. Соевые соусы сег-

мента «премиум», обогащенные биологически активными добавками, представлены в незначительном ассортименте. Продукция российского производства на рынке Китая не выявлена.

Таким образом, на основании проведенных исследований показано, что сегмент рынка соевых ферментированных товаров с «полезными» добавками в Китайской Народной Республике недостаточно развит, сегмент премиальных соевых соусов в по-

дарочной упаковке развит слабо. В связи с чем можно сделать вывод: данные сегменты рынка Китая могут быть перспективными для экспорта российских соевых ферментированных продуктов, обогащенных функциональными и биологически активными добавками.

Список литературы

1. Перспективы торговли России с Китаем. Продукты питания: маркетинговое исследование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://exportvl.ru/upload/marketing-2015/Маркетинговое%20исследование%20«Продукты%20питания%20- %20перспективы%20торговли%20России%20с%20Китаем».pdf> (дата обращения: 20.11.2017).
2. Колтыкова Е. Российский рынок сои: на пути к импортозамещению [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.indexbox.ru/news/rossiyskiy-rynok-soi-na-puti-k-importozameshcheniyu/> (дата обращения: 20.11.2017).
3. Shurtleff W. History of uncommon fermented soy foods / W. Shurtleff, A. Aoyagi – California: Copyright Soyinfo Center, 2012. – 93 p.
4. Yang H.J. Soybean and Health / H.J. Yang, S. Park, V. Pak. – Shanghai: InTech, 2011. – 502 p.
5. Голиусова Ю.В. В поисках среднего класса: о специфике социальной стратификации в современном Китае / Ю.В. Голиусова, Г.А. Ключарёв // Гуманитарные исследования в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. – 2014. – № 1. – С. 128–135.
6. China market research report project SEMA: workstep 2: market research report nov. 2016/ SOY CANADA – Canada: Tractus, 2016. – 47 p.
7. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент / Ф. Котлер, К.Л. Келлер. – СПб.: Питер, 2015. – 800 с.
8. Sauce Production in China: Market Research Report [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.ibisworld.com/industry-trends/international/china-market-research-reports/manufacturing/food/soy-sauce-production.html> (дата обращения: 20.11.2017).

УДК 338.1:334.72

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ СУБЪЕКТА ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Шемятихина Л.Ю.

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,
ЧОУ ДПО «Национальный центр деловых и образовательных проектов», Екатеринбург,
e-mail: lyshem@mail.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию процесса менеджмента субъекта инновационного предпринимательства. При рассмотрении управления экономической устойчивости субъекта инновационного предпринимательства автор статьи комплексно анализирует его основные составляющие. Определяется перечень угроз экономической устойчивости и возможные индикаторы оценки экономической устойчивости применительно к субъектам малого и среднего предпринимательства. На основе сопоставления плановых и фактических значений индикаторов оценки автор вводит уровни угрозы экономической эффективности и предлагает использовать их для обоснования управленческих решений субъекта инновационного предпринимательства. В работе делается акцент на том, что выделенные составляющие процесса управления экономической устойчивостью субъекта инновационного предпринимательства свойственны организациям и предприятиям независимо от их отраслевой принадлежности.

Ключевые слова: менеджмент инновационного предпринимательства (ИП), субъект ИП, составляющие процесса управления экономической устойчивостью, индикаторы и оценка эффективности экономической устойчивости

MANAGEMENT OF ECONOMIC STABILITY OF THE SUBJECT OF INNOVATIVE BUSINESS

Shemyatikhina L. Yu.

*Ural State Economic University,
National center of business and professional projects, Ekaterinburg, e-mail: lyshem@mail.ru*

The present article is devoted to a research of process of management of the subject of innovative business. By consideration of management of economic stability of the subject of innovative business, the author of article in a complex analyzes his main components. The list of threats of economic stability and possible indicators of assessment of economic stability in relation to subjects of small and average business is defined. On the basis of comparison of planned and actual values of indicators of assessment the author enters levels of threat of economic efficiency and suggests to use them for justification of administrative solutions of a subject of innovative business. In work the emphasis is placed that the allocated components of process of management of economic stability of the subject of innovative business are peculiar to the organizations and the enterprises irrespective of their branch accessory.

Keywords: management of the innovative business (IB), subject of IB, components of process of management of economic stability, indicators and assessment of efficiency of economic stability

Одним из приоритетных направлений государственной политики РФ стало развитие новой экономики, базирующейся на опережающем росте знаний и представляющей возможности для развития инновационного предпринимательства. Со стороны менеджмента организаций и предприятий появляется понимание, что используемые стратегии интенсивного роста для инновационного предпринимательства малоэффективны, среда ведения бизнеса нестабильна и высококонкурентна, поэтому угроза экономической устойчивости достаточно реальна.

Субъектами инновационного предпринимательства могут быть малые и средние предприятия, равно как и крупные концерны, действующие в большинстве секторов экономики. Инновационное предпринимательство – это вид коммерческой деятельности, целью которого является получения прибыли за счет создания технико-техно-

логических нововведений и распространение инноваций во всех сферах народного хозяйства. Инновационное предпринимательство связано с готовностью менеджера-предпринимателя брать на себя риск по осуществлению нового проекта или улучшению существующего, а также возникающую при этом финансовую, моральную и социальную ответственность [1].

По способу организации выделяются три модели инновационного предпринимательства:

1) инновационное предпринимательство на основе внутренней организации, когда инновация создается и (или) осваивается внутри организации;

2) инновационное предпринимательство на основе внешней организации при помощи контрактов, когда заказ на создание и (или) освоение инновации размещается между другими юридическими лицами;

3) инновационное предпринимательство на основе внешней организации при помощи венчуров, когда организация для реализации инновации учреждает дочерние структуры, привлекающие дополнительные средства.

Одним из факторов инновационного развития страны является инновационное предпринимательство в целом, а также его важная составляющая – малые инновационные предприятия, которые для реализации выбирают первую модель.

Согласно Стратегии инновационного развития РФ, к 2020 году количество инновационных предприятий планируется увеличить в 4–5 раз относительно 9,5%, но проблема управления экономической устойчивостью этих субъектов актуализируется.

Предпринимательская деятельность будет являться инновационной, если основана [2, 3]:

- на инициации новых идей (от новой технологии, нового продукта, новых организационных решений, не имеющих аналогов);
- использовании принципиально новых или альтернативных ресурсов;
- создании инновационного бизнеса и использовании в его управлении гибких управленческих технологий;
- получении дохода от новых видов деятельности; личном удовлетворении от достигнутого результата.

Рассматривать проблему экономической устойчивости инновационного предпринимательства необходимо комплексно и системно. Составляющие экономической устойчивости [4] инновационного предпринимательства можно выделить условно, так как их перечень для каждого бизнеса будет зависеть в первую очередь от наличия разделения прав собственности и управления, объемов деятельности и отраслевой принадлежности.

Набор составляющих экономической устойчивости инновационного предпринимательства может включать составляющие: управленческую, производственно-техническую, научно-технологическую, кадровую, финансовую, инвестиционную, информационную, коммерческую и маркетинговую, снабженческо-логистическую, нормативно-правовую и антикриминальную, техногенную и экологическую.

Опишем перечень составляющих экономической устойчивости, которые будут присутствовать инновационному малому и среднему предпринимательству, которые рассматриваются как ресурс развития национальной экономики.

Управленческая составляющая экономической устойчивости (ЭУ), которая

проявляется в повышении эффективности менеджмента бизнеса, росте квалификации и профессиональной компетентности менеджера-предпринимателя, в совершенствовании и оптимизации структуры управления юридическим лицом. При обеспечении управленческой составляющей устойчивости необходимо понимание разделения прав собственности и управления на определенном этапе развития бизнеса, в противном случае собственник бизнеса начинает тормозить его развитие.

Обеспечение управленческой составляющей ЭУ приобретает актуальность при семейном предпринимательстве. По неофициальной статистике на российском рынке по «модели семейного предпринимательства» действует более 45% юридических лиц от общего количества зарегистрированных (у 25% деятельность носит инновационный характер), и проблемы управления, преемственности, социально-психологических отношений способны при отсутствии эффективного управления поставить бизнес на «грань выживания» [5]. Существенным риском для развития семейного предпринимательства считать появление новых экономических статей в УК РФ (ст. 199.1), согласно которым мотив преступления «личный интерес» может выражаться в стремлении «извлечь выгоду имущественного, а также неимущественного характера», где семейственность является признаком преступления.

Производственно-техническая составляющая ЭУ позволяет накапливать и развивать производственный и технический потенциал основного процесса (производства продукции, оказания услуг или выполнение работ), поддерживать воспроизводственные возможности, оперативно реагировать на изменяющиеся требования рынка и условия ведения бизнеса. Оптимальный вариант деятельности инновационного предпринимательства для малого и среднего бизнеса – это параллельное ведение производственной и коммерческой деятельности, что позволит повысить чувствительность к требованиям рынка и мобильно под них переориентировать производство; для крупного предпринимательства, наоборот, есть возможность сосредоточиться на производстве, выстроив оптимальную структуру посреднических отношений.

Научно-технологическая составляющая ЭУ выражается в поддержании на высоком уровне потенциала предпринимательства, без которого существование инновационного бизнеса становится невозможным. Данная составляющая включает наличие исследовательской или опытно-

экспериментальной базы (собственной или доступной на основании договора), активной инновационной деятельности, позволяющей создавать и внедрять новшества и производить продукцию, превосходящую по потребительским свойствам и ценовым характеристикам продукцию конкурентов.

Кадровая составляющая ЭУ, которая зависит от количественных и качественных показателей кадрового потенциала бизнеса, возможности работников действовать в условиях многозадачности при оптимальной численности штата. Для обеспечения кадровой устойчивости менеджмент инновационного предпринимательства должен сохранять имеющихся высококвалифицированных работников, своевременно готовить ввод новых кадров на создаваемые (освобождающиеся) рабочие места, создавать условия для развития имеющихся и овладения новыми компетенциями, улучшать условия труда и социального обеспечения персонала для их закрепления.

Финансовая составляющая ЭУ выражается в обеспечении непрерывных финансовых потоков в необходимых объемах, эффективности использования финансовых ресурсов и формировании доступных финансовых резервов (при риске неплатежеспособности контрагентов, отзыве лицензии у банковской организации, срочного покрытия имеющейся кредиторской задолженности, необоснованной блокировке счетов, появления инкассовых поручений по уже проведенным платежам и обязательствам и др.), поддержании оптимального соотношения собственных и заемных средств, снижении рисков при осуществлении операций, учете инфляции.

Инвестиционная составляющая ЭУ проявляется в способности менеджера-предпринимателя в привлечении инвестиций, необходимых для роста производства. При всех позиционируемых преимуществах льготного кредитования малого и среднего предпринимательства фактически получить доступ к кредитно-финансовым ресурсам могут единицы (нет банковского счета в данном банке, выручка меньше контрольного значения, вид экономической деятельности не входит в приоритет поддержки и др.). Из-за отсутствия законодательства, регламентирующего деятельность семейных предприятий, которых по неофициальной статистике около 50%, невозможно приравнять средства домохозяйств к инвестициям в развитие бизнеса и определить их реальный объем. Данные средства могут вноситься на счета юридических лиц как заемные средства от учредителя на процентных или беспроцентных

условиях. Ограниченность инвестиций сводит перспективы развития инновационного предпринимательства к пессимистическому или стрессовому сценарию, в результате чего бизнес ликвидируется, так как неспособен постоянно поддерживать внедрение новшеств.

Информационная составляющая ЭУ позволяет повысить защищенность информации и компьютерных сетей, а также средств телекоммуникаций и связи от несанкционированного доступа, предотвратить утечку научно-технологической и коммерческой информации, предотвратить заражение компьютерных программ, обеспечить условия хранения объемных баз данных с использованием «облачных» технологий. Внедрение информационных технологий позволяет ускорить процесс разработки модели инновационного продукта, произвести расчеты, согласовать его свойства с заказчиком.

Коммерческая и маркетинговая составляющие ЭУ, имеющие прямую зависимость друг от друга. Проявляется в постоянно проводимых маркетинговых исследованиях, позволяющих принимать решения о разработке и производстве инновационной, пользующейся спросом продукции высокой степени доходности; в способности вести активную маркетинговую политику (от автора – не путать с агрессивной) на рынке; приоритете менеджмента на создание опережающих заделов с целью разработки и освоения новых технологий и новой продукции. Данные составляющие экономической устойчивости позволяют сформировать лояльность потребителя за счет определения перечня наиболее эффективных маркетинговых действий, его мотивированное поведение и готовность потребителя ожидать и приобретать каждый последующий инновационный продукт «нового поколения».

Снабженческо-логистическая составляющая ЭУ предусматривает создание надежной и устойчивой системы своевременных поставок сырья, а также формирование в случае необходимости оптимального складского запаса для обеспечения ритмичности основного процесса производства. Данная составляющая позволяет минимизировать затраты на логистику и складирование уже при осуществлении коммерческой деятельности, а также необоснованные потери при перемещении.

Нормативно-правовая составляющая ЭУ предполагает формирование у современных менеджеров высокого уровня правовой культуры, соблюдения законодательства, регламентирующего деятельность организаций, в умении правовыми

методами отстаивать коммерческие интересы, в том числе при защите от недобросовестной конкуренции (нарушение прав интеллектуальной собственности, промышленно-экономический шпионаж, ложная информация, дискредитация деловой репутации и др.) и коррупционном воздействии при запуске производства инновационного продукта, производстве и его коммерциализации.

Антикриминальная составляющая ЭУ ориентирует менеджмент организации на обеспечение защищенности хозяйственной деятельности организации от преступных намерений и действий иных лиц, направленных на извлечение доходов с нарушением действующего законодательства или связанных с проблемами или недостатками в нем; в недопущении опасного для жизни воздействия на персонал организации и системы жизнеобеспечения субъекта инновационного предпринимательства.

Техногенная составляющая ЭУ обеспечивается за счет соблюдения норм законодательства по промышленной безопасности и охране труда, в защищенности персонала и материальных ценностей организации от вредных воздействий природного и техногенного характера; предполагает также внедрение стандартов корпоративной социальной ответственности.

Экологическая составляющая ЭУ, которая проявляется в реализации природоохранных мероприятий, в соблюдении допустимых норм выбросов, а также в создании системы экологического контроля за деятельностью организаций.

Согласно перечисленным составляющим экономической устойчивости развития инновационного предпринимательства в формате малого и среднего бизнеса выделим причины, вызывающие возникновение угроз: отсутствие разделения прав собственности и управления, отсутствие закрепленного статуса семейного бизнеса, низкая конкурентоспособность, отсутствие инвестиций и ограниченный доступ к кредитам для бизнеса, неплатежи заказчиков государственных проектов в рамках закупок, неустойчивость финансового положения организации, снижение защищенности бизнеса от кредитных организаций и фискальных органов, большой объем отчетности, неблагоприятный инвестиционный климат, высокий уровень инфляции, сложное «правовое поле деятельности» и др.

От точной идентификации угроз и правильного выбора измерителей зависит адекватность и скорость реакции менеджмента организации, а также эффективность управленческих мер по их предупреждению

и нейтрализации, соответствующих масштабу и характеру угроз.

Решение данной управленческой задачи зависит от специфики объекта управления. По отношению к инновационному предпринимательству к индикаторам экономической устойчивости можно отнести:

– производственные – динамика производства; реальный уровень загрузки производственных мощностей; производительность труда; темп обновления основных производственных фондов; стабильность производственного процесса; конкурентоспособность продукта; степень износа основных средств;

– финансовые – структура и объем «портфеля заказов»; объем инвестиций; оптимальное соотношение собственных и заемных средств; потенциал организации; доля инвестиций в инновации; уровень рентабельности; фондоотдача; капиталоемкость производства; просроченная кредиторская и дебиторская задолженности; доля обеспеченности собственными источниками финансирования;

– инновационные – объем расходов; доля НИР в объеме работ; доля новых продуктов в общем объеме производства;

– социальные – уровень оплаты труда в сравнении со средними показателями в отрасли и экономике в целом; наличие задолженности по заработной плате; потери рабочего времени; структура и характеристика кадрового потенциала организации.

В зависимости от фактических и нормативных значений индикаторов состояние экономической устойчивости инновационного предпринимательства можно описать следующим образом:

1) стабильное, когда индикаторы находятся в пределах пороговых значений и степень использования потенциала организации близка к нормативным значениям;

2) предкризисное – значения 25 % индикаторов близки к барьерным значениям (например, 3 из 12), но при этом не утрачены технические и технологические возможности улучшения результатов деятельности;

3) кризисное – барьерное значение 50 % индикаторов превышено и (или) они оказались в «полосе неустойчивости» (находятся на пороговых значениях, но пока их не превысили);

4) критическое – когда преодолеваются все (или выше 75 %) барьерных значений индикаторов экономической устойчивости, а снижение потенциала организации имеет устойчивую отрицательную динамику.

Основными этапами деятельности менеджера-предпринимателя по мониторингу составляющих экономической устойчивости являются:

– осознание необходимости мониторинга оценки собственной управленческой деятельности и объекта управления;

– выявление факторов, характеризующих перспективные направления развития бизнеса;

– идентификация угроз экономической устойчивости бизнеса;

– формирование перечня индикаторов экономической устойчивости инновационного предпринимательства с учетом отрасли и присвоение им нормативных значений;

– сбор и подготовка информации, характеризующей объекты мониторинга;

– моделирование и формирование сценариев развития и стратегий бизнеса;

– принятие опережающих управленческих действий при выявлении отклонений по значениям индикаторов экономической устойчивости;

– расчет технико-экономических показателей за период мониторинга;

– проведение анализа показателей деятельности организации;

– разработка и реализация предложений и мер по предупреждению или нейтрализации угроз экономической устойчивости организации в средне- и долгосрочной перспективе.

Проведение прогнозирования и управления экономической устойчивостью бизнеса требует использования комплекса методов и подходов [6]. В настоящее время считается наиболее эффективным сочетание аналитического, балансового и нормативно-подходов, а также программно-целевого

подхода с методами экономико-математического моделирования.

Инновационное предпринимательство имеет большое значение при решении структурных проблем в экономической системе страны. Однако требует новых управленческих подходов к поддержанию экономической устойчивости субъектов инновационного предпринимательства. Инновационная деятельность требует осуществления передовых управленческих решений, и в первую очередь внедрения других инструментов поддержки таких субъектов и перераспределение финансовых потоков, создание многоуровневой системы подготовки кадров и предпосылок для формирования устойчивой системы инновационных разработок внутри организаций.

Список литературы

1. Шемятихина Л.Ю., Шипицына К.С., Синякова М.Г. Менеджмент малого предпринимательства: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2017. – 500 с.
2. Ойши В. Основные принципы экономической политики. – М.: Прогресс, 1995. – 496 с.
3. Митина Л.С. Управление в инновационном предпринимательстве: автореф. дис. ... канд. экон. наук / Л.С. Митина. – Москва, 1992. – 17 с.
4. Управление развитием высокотехнологичных предприятий наукоемких отраслей промышленности / А.В. Фомина, Б.Н. Авдонин, А.М. Батьковский, М.А. Батьковский; под ред. А.В. Фоминой. – М.: Креативная экономика, 2014. – 400 с.
5. Шипицына К.С. Перспективы и проблемы семейного предпринимательства: российская реальность // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8. – С. 33–35.
6. Ткаченко И.Н. О роли малого предпринимательства в развитии экономики / И.Н. Ткаченко, И.Н. Савельева. – Известия Уральского государственного экономического университета. – 2010. – № 6(32). – С. 98–104.