

---

---

# ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

---

---

№ 10 2016

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. (Ульяновск); 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. (Красноярск); 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.э.н., проф. Савон Д.Ю. (Ростов-на-Дону); д.э.н., проф. Макринова Е.И. (Белгород); д.э.н., проф. Роздольская И.В. (Белгород); д.э.н., проф. Коваленко Е.Г. (Саранск); д.э.н., проф. Зарецкий А.Д. (Краснодар); д.э.н., проф. Тяглов С.Г. (Ростов-на-Дону); д.э.н., проф. Титов В.А. (Москва); д.э.н., проф. Серебрякова Т.Ю. (Чебоксары); д.э.н., проф. Валинурова В.А. (Уфа); д.э.н., проф. Косякова И.В. (Самара); д.э.н., проф. Нечеухина Н.С. (Екатеринбург), д.э.н., проф. Апенько С.Н. (Омск), д.э.н., проф., Скуфыина Т.П., (Апатиты)

---

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

Все публикации рецензируются.

Доступ к журналу бесплатен.

**Импакт-фактор РИНЦ (двухлетний) = 1,061.**

Учредитель – ИД «Академия Естествознания»

Издательство и редакция: Издательский Дом «Академия Естествознания»

Ответственный секретарь редакции –

*Бизенкова Мария Николаевна* –

+7 (499) 705-72-30

E-mail: **edition@rae.ru**

Почтовый адрес

г. Москва, 105037, а/я 47

АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ,

редакция журнала «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»

Подписано в печать 24.10.2016

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр

Академия Естествознания»,

г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Технический редактор

Кулакова Г.А.

Корректор

Галенкина Е.С.

Усл. печ. л. 27,75

Тираж 1000 экз. Заказ ФИ 2016/10

© ИД «Академия Естествознания»

## СОДЕРЖАНИЕ

**Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)**

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПАДЕНИЯ БАШЕННОГО КРАНА НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ В SCAD 11.5 <i>Арискин М.В., Гарькин И.Н.</i> .....	243
ДИСКРЕТИЗАЦИЯ ПОЛОЙ ТРЕХМЕРНОЙ ОБЛАСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫМИ МЕТОДАМИ <i>Архипов С.В., Цыренов Ц.В.</i> .....	248
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗАПРАВКИ РАКЕТЫ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ <i>Басотин Е.В., Витюк В.Л., Миронов Е.А., Мосиенко А.Г., Суворов А.Н.</i> .....	254
ИДЕНТИФИКАЦИЯ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ АВТОМОБИЛЕЙ НА ФОНЕ СИЛЬНЫХ ШУМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ <i>Безуглов Д.А., Юхнов В.И.</i> .....	259
СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ СТРАХОВОЙ КОМПАНИЕЙ ПРИ ОЦЕНКЕ РЕЗЕРВА ПРОИЗОШЕДШИХ, НО НЕЗАЯВЛЕННЫХ УБЫТКОВ <i>Бутов А.А., Галимов Л.А.</i> .....	265
ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО СПЕКАНИЯ В ФОРВАКУУМЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ С ОКСИДНЫМИ ДОБАВКАМИ <i>Двилис Э.С., Бурдовицин В.А., Хасанов А.О., Окс Е.М., Климов А.С., Зенин А.А., Хасанов О.Л.</i> .....	270
АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ <i>Зияутдинов В.С., Золотарева Т.А., Воронин И.В., Скуднев Д.М.</i> .....	280
ГИДРАТЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЯХ: СИНТЕЗ И РАЗЛОЖЕНИЕ <i>Иванова И.К., Семенов М.Е., Корякина В.В., Федорова А.Ф., Рожин И.И.</i> .....	285
РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ЧЕРЕЗ СЕРИЮ ПЕРЕКРЕСТКОВ <i>Исмагилов Т.Р., Бояришинова И.Н., Потапова И.А.</i> .....	291
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОИСКА И АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ <i>Карташев Е.А., Царегородцев А.Л.</i> .....	296
ВЫБОР СТРУКТУРЫ ДАННЫХ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГИПОТЕЗ В ВАРИАНТЕ ДСМ-МЕТОДА АНАЛИЗА ТЕКСТОВ <i>Котельников Е.В.</i> .....	301
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ КРИСТАЛЛИЗУЮЩЕЙСЯ ЗАГОТОВКИ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ МАШИНЕ ПОЛУНЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ <i>Крюков И.Ю., Наумова М.Г., Вдовин К.Н., Ларина Т.П.</i> .....	306
ПРИМЕНЕНИЕ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ <i>Ляшов М.В., Берёза А.Н., Бабаев А.М., Алексеенко Ю.В., Авдеева Т.Г.</i> .....	312

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ НАСЫЩЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНОГО УЧАСТКА В СРЕДЕ МАТЛАВ	
<i>Макуха Л.В., Сидоров А.Ю., Радчук Д.В., Савченко А.И.</i>	317
МОДЕЛЬ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	
<i>Петров М.Н., Абенова Ж.С., Набиев Н.К.</i>	322
РАСЧЕТ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА В ВИХРЕВОЙ КАМЕРЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ НИЖНИХ БЬЕФОВ ГИДРОУЗЛОВ ОТ РАЗМЫВА	
<i>Поздеев А.Г., Кузнецова Ю.А.</i>	327
ДВИЖЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ СЕПАРАТОРЕ ПРИ СОРТИРОВКЕ	
<i>Полянин И.А., Макаров В.Е.</i>	333
МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА	
<i>Потапова И.А., Бояришинова И.Н., Исмагилов Т.Р.</i>	338
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАПИЛЛЯРНОЕ ВОДОНАСЫЩЕНИЕ БЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ	
<i>Романенко И.И., Пинт Э.М., Петровнина И.Н., Еличев К.А., Романенко М.И.</i>	343
МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТАНДАРТАХ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ	
<i>Хаймович И.Н., Ковалькова Е.А.</i>	349
АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ИНТОНАЦИИ ПОЯСНЕНИЯ, ПРОТИВОПОСТАВЛЕНИЯ И ПЕРЕЧИСЛЕНИЯ В ТЕКСТЕ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ РЕЧИ	
<i>Чемериллов В.В., Фадеев А.С., Мишунин О.Б.</i>	354
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗЛОПАМЯТНЫХ И НЕЗЛОПАМЯТНЫХ РОБОТОВ	
<i>Шафер А.Е., Пенский О.Г.</i>	360
ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ЦЕЛЮ УЛУЧШЕНИЯ ЕЕ НАДЕЖНОСТИ	
<i>Шлаев Д.В., Резеньков Д.Н., Гайчук Д.В.</i>	364

#### **Экономические науки (08.00.00)**

КЛАССИФИКАЦИЯ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ	
<i>Аббясова Д.Р., Шабалина У.М.</i>	368
ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Байзулаев С.А., Шурдумова Э.Г., Волов М.А.</i>	375
ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФИНИЦИЙ «ИННОВАЦИЯ» И «ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ»: ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД	
<i>Горикова Н.В., Иванов В.Ю.</i>	380
ДЕТАЛЬНЫЙ КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ	
<i>Демидько Е.В.</i>	386
МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА	
<i>Исмиханов З.Н., Магомедбеков Г.У.</i>	392

<hr/>	
МЕХАНИЗМЫ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В РОССИЙСКОМ АПК	
<i>Кочеткова С.А., Акимова Ю.А.</i> .....	398
РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА ВИДЕОИГР НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ «КАРТА КОХОНЕНА»	
<i>Ломакин Н.И., Максимова О.Н., Экова В.А., Лясин Д.Н., Фатеенков М.М.</i> .....	403
ПОДУШКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В НАКОПИТЕЛЬНОМ СТРАХОВАНИИ ЖИЗНИ	
<i>Останин В.А.</i> .....	408
СТРАТЕГИЧЕСКИЙ МАРКЕТИНГ В СФЕРЕ УСЛУГ	
<i>Подопригора М.Г., Губа В.В.</i> .....	414
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПАРКОВ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ-РЕЗИДЕНТОВ	
<i>Тиханов Е.А., Криворотов В.В., Ченур П.В.</i> .....	419
ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ РАБОТОДАТЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА: СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ВОПРОСА	
<i>Хайруллина Л.И., Гасилов В.С., Зиннатуллина Г.Н.</i> .....	425
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВЫМ РЕЗЕРВОМ НА ПРИМЕРЕ ПАО «ГАЗПРОМ НЕФТЕХИМ САЛАВАТ»	
<i>Хафизов А.М., Малышева О.С., Волков С.В., Дятлов Р.И.</i> .....	430
РАЗВИТИЕ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСШИМ ОБРАЗОВАНИЕМ НА ОСНОВЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ	
<i>Чайчук Е.О.</i> .....	435
МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ УСЛУГИ СВЯЗИ КАК СРЕДСТВО СОКРАЩЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО НЕРАВЕНСТВА	
<i>Шарифьянов Т.Ф.</i> .....	442
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОНЦЕПЦИИ ПОСТОЯННОГО УЛУЧШЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ	
<i>Шилкина А.Т.</i> .....	447
ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТДЕЛЕНИЯ БАНКА В СРЕДЕ SIMEVENTS СИСТЕМЫ MATLAB+SIMULINK	
<i>Шукина Н.А., Горемыкина Г.И., Тарасова И.А.</i> .....	452

---

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

ANALYSIS OF FALLING HAMMER-HEAD CRANE BASED ON CREATION MODELS IN SCAD 11.5 <i>Ariskin M.V., Garkin I.N.</i> .....	243
SAMPLING OF HOLLOW SPATIAL DOMAIN BY NETWORK MEANS <i>Arkhipov S.V., Tsyrenov Ts.V.</i> .....	248
MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING RELIABILITY INDEX CONTROL SYSTEM FILLING SPACE ROCKETS <i>Basotin E.V., Vityuk V.L., Mironov E.A., Mosienko A.G., Suvorov A.N.</i> .....	254
IDENTIFICATION LICENSE PLATES OF CARS ON THE BACKGROUND OF STRONG NOISE USING WAVELET TRANSFORM <i>Bezuglov D.A., Yukhnov V.I.</i> .....	259
OPERATING DECISION SYSTEM BY INSURANCE COMPANY IN ESTIMATION OF INCURRED, BUT NOT REPORTED CLAIMS <i>Butov A.A., Galimov L.A.</i> .....	265
THE PECULIARITIES OF ELECTRON BEAM FOREVACUUM SINTERING OF CERAMIC MATERIALS BASED ON SILICON CARBIDE WITH OXIDE ADDITIONS <i>Dvilis E.S., Burdovitsin V.A., Khasanov A.O., Oks E.M., Klimov A.S., Zenin A.A., Khasanov O.L.</i> .....	270
ANALYTICAL SUPPORT FOR THE INTELLIGENT SUPPORT OF DECISION-MAKING TO IDENTIFY THE STATE OF THE LOCAL COMPUTER NETWORK <i>Ziyautdinov V.S., Zolotareva T.A., Voronin I.V., Skudnev D.M.</i> .....	280
NATURAL GAS HYDRATES IN THE WATER-OIL EMULSION: SYNTHESIS AND DECOMPOSITION <i>Ivanova I.K., Semenov M.E., Koryakina V.V., Fedorova A.F., Rozhin I.I.</i> .....	285
DEVELOPING A COMPUTER IMITATIONAL MODEL OF VEHICULAR TRAFFIC THROUGH A SERIES OF INTERSECTIONS <i>Ismagilov T.R., Boyarshinova I.N., Potapova I.A.</i> .....	291
AUTOMATED INFORMATION SYSTEM SEARCH AND ANALYSIS OF INFORMATION IN THE INTERNET <i>Kartashev E.A., Tsaregorodtsev A.L.</i> .....	296
THE DATA STRUCTURE SELECTION FOR HYPOTHESES REPRESENTATION IN THE VERSION OF TEXT ANALYSIS JSM-METHOD <i>Kotelnikov E.V.</i> .....	301
DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF THERMAL STATE OF CRYSTALLIZING BLANK RECTANGULAR IN SHAPE IN HORIZONTAL SEMI-CONTINUOUS CASTING MACHINE <i>Kryukov I.Yu., Naumova M.G., Vdovin K.N., Larina T.P.</i> .....	306
APPLICATION OF SERVICE ORIENTED ARCHITECTURE FOR DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS <i>Lyashov M.V., Bereza A.N., Babaev A.M., Alekseenko Yu.V., Avdeeva T.G.</i> .....	312

<hr/>	
SATURATION COEFFICIENTS CALCULATION FOR OIL AND GAS FIELDS SIMULATION IN THE MATLAB ENVIRONMENT <i>Makukha L.V., Sidorov A.Yu., Radchuk D.V., Savchenko A.I.</i> .....	317
MODEL OF AN INTEGRATED ENVIRONMENT OF INFORMATION COOPERATION <i>Petrov M.N., Abenova Zh.S., Nabiev N.K.</i> .....	322
CALCULATION OF KINEMATIC CHARACTERISTICS OF FLOW IN VORTEX CHAMBER FOR HYDROSYSTEM TAILRACE PROTECTION AGAINST EROSION <i>Pozdeev A.G., Kuznetsova Yu.A.</i> .....	327
MOVEMENT PULPCHIPS THE ELECTROSTATIC SEPARATOR AT SORTING <i>Polyanin I.A., Makarov V.E.</i> .....	333
METHODS OF TRAFFIC FLOWS MODELING <i>Potapova I.A., Boyarshinova I.N., Ismagilov T.R.</i> .....	338
FACTORS AFFECTING ON CAPILLARY WATER SATURATION OF CONCRETE SAMPLES <i>Romanenko I.I., Pint E.M., Petrovnina I.N., Elichev K.A., Romanenko M.I.</i> .....	343
METHOD FOR DETERMINING THE BASIC ELEMENTS IN STANDARDS OF QUALITY MANAGEMENT ENGINEERING PRODUCTION <i>Khaymovich I.N., Kovalkova E.A.</i> .....	349
THE ALGORITHM FOR THE CLARIFICATION, CONTRAST AND ENUMERATION INTONATION MARKING FOR TEXT-TO-SPEECH SYNTHESIS <i>Chemerilov V.V., Fadeev A.S., Mishunin O.B.</i> .....	354
MATHEMATICAL MODELS VINDICTIVE AND NOT VINDICTIVE ROBOTS <i>Shafer A.E., Penskiy O.G.</i> .....	360
THE STUDY OF FUNCTIONAL STATES OF AN INFORMATION SYSTEM TO IMPROVE ITS RELIABILITY <i>Shlaev D.V., Rezenkov D.N., Gaychuk D.V.</i> .....	364
<b>Economic sciences (08.00.00)</b>	
CLASSIFICATION AND METHODS OF RISK MANAGEMENT IN PRODUCTION SPHERE OF A COMPANY <i>Abbyasova D.R., Shabalina U.M.</i> .....	368
BASES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL PRODUCTION <i>Bayzulaev S.A., Shurdumova E.G., Volov M.A.</i> .....	375
RESEARCH OF DEFINITIONS «INNOVATION» AND «INNOVATIVE ACTIVITY»: THEORETICAL APPROACH <i>Gorshkova N.V., Ivanov V.Yu.</i> .....	380
A DETAILED QUALITATIVE ANALYSIS OF THE SIMULATION RESULTS <i>Demidko E.V.</i> .....	386
MODELS FOR FORECASTING SOCIAL AND ECONOMIC INDICATORS DEVELOPMENT OF THE REGION <i>Ismikhanov Z.N., Magomedbekov G.U.</i> .....	392
MECHANISMS OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN THE RUSSIAN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX <i>Kochetkova S.A., Akimova Yu.A.</i> .....	398

---

DEVELOPMENT STRATEGY OF THE REGIONAL MARKET OF VIDEO GAMES BASED ON NEURAL NETWORK «MAP COHONENA» <i>Lomakin N.I., Maksimova O.N., Ekova V.A., Lyasin D.N., Fateenkov M.M.</i> .....	403
SAFETY RESERVES IN THE ACCUMULATIVE LIFE INSURANCE <i>Ostanin V.A.</i> .....	408
STRATEGIC MARKETING IN THE FIELD OF SERVICES <i>Podoprigrora M.G., Guba V.V.</i> .....	414
DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM OF INDUSTRIAL PARKS DEVELOPMENT MANAGEMENT SYSTEM FORMATION AIMED AT IMPROVING THE COMPETITIVENESS OF RESIDENT ENTERPRISES <i>Tikhonov E.A., Krivorotov V.V., Chepur P.V.</i> .....	419
ECONOMICAL MECHANISMS OF MEASURES AIMED TO IMPROVE WORKING CONDITIONS <i>Khayrullina L.I., Gasilov V.S., Zinnatullina G.N.</i> .....	425
DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY PERSONNEL RESERVE MANAGEMENT ON THE EXAMPLE OF PJSC «GAZPROM NEFTEKHIM SALAVAT» <i>Khafizov A.M., Malysheva O.S., Volkov S.V., Dyatlov R.I.</i> .....	430
DEVELOPMENT OF HIGHER EDUCATION BASED ON BUSINESS PROCESSES <i>Chaychuk E.O.</i> .....	435
MECHANISM OF A UNIVERSAL COMMUNICATION SERVICES FORMATION AND DEVELOPMENT AS A TOOL FOR BRIDGING A SPATIAL DIGITAL DIVIDE <i>Sharifyanov T.F.</i> .....	442
TRENDS OF THE PERMANENT IMPROVE CONCEPT OF BUSINESS PROCESSES: THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS <i>Shilkina A.T.</i> .....	447
DISCRETE-EVENT SIMULATION ACTIVITIES OF BANK BRANCH IN SIMULINK <i>Schukina N.A., Goremykina G.I., Tarasova I.A.</i> .....	452

УДК 69.002.5/.04

## АНАЛИЗ ПРИЧИН ПАДЕНИЯ БАШЕННОГО КРАНА НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ В SCAD 11.5

Арискин М.В., Гарькин И.Н.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»,  
Пенза, e-mail: igor\_garkin@mail.ru

Отмечается рост аварийных ситуаций грузоподъемной техники (в частности, башенных кранов), в том числе заканчивающихся человеческими жертвами, на территории Российской Федерации. В работе анализируются причины падения башенного крана КБ-403 Б на площадке строительства жилого дома в городе Балашов, Саратовской области. Метод определения причин падения крана основывается на моделировании возникновения возможных вариантов аварийных ситуаций в расчетно-графической программе SCAD 11.5. Рассматриваются различные варианты загрузок и деформаций конструкций башенного крана. Приводятся меры по повышению безопасности на строительной площадке при работе грузоподъемных механизмов. Доказывается необходимость проведения периодической экспертизы промышленной безопасности грузоподъемных механизмов. Статья написана на основе данных полученных авторами в ходе проведения строительно-технической экспертизы причин падения крана.

**Ключевые слова:** обрушение, башенный кран, моделирование, аварийные ситуации, охрана труда, SCAD, промышленная безопасность

## ANALYSIS OF FALLING HAMMER-HEAD CRANE BASED ON CREATION MODELS IN SCAD 11.5

Ariskin M.V., Garkin I.N.

Penza State University of Architecture and Construction, Penza, e-mail: igor\_garkin@mail.ru

There is growing emergency lifting equipment (eg hammer-head cranes) including ending of human life in the territory of the Russian Federation. The paper analyzes the causes of the fall of the KB-403 B tower crane on the construction site of civil house at Balashov city, Saratov region. Method of determining the causes of the fall of the crane is based on a simulation of possible emergencies options in cash-graphics program SCAD 11.5. Different variants of loads and deformations of constructions of a hammer-head crane. Provides measures to improve safety at the construction site when the lifting mechanisms. The necessity of carrying out of examination of industrial safety of lifting mechanisms. Article was written on the basis of construction and technical expertise of data.

**Keywords:** collapse, tower crane, simulation, emergencies, health and safety, the SCAD, industrial safety, labor protection

В последние годы на территории Российской Федерации участились аварии грузоподъемных механизмов, в частности башенных кранов. Так, по данным Сибирского управления Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) за 2015 г. в России произошло 4 падения башенных кранов (рост в 58% по сравнению с 2014 г.), в результате которых травмы получили более 10 человек (увеличилось на 64%). Особо резонансный случай произошёл в г. Омске (рис. 1), когда в результате падения башенного крана КБ-403А погибли четыре, двое человек были госпитализированы.

В результате аварий, помимо человеческих жертв, организации и государство несут многомиллионные убытки. Выявление типичных причин при таких авариях является весьма важной и трудной задачей, требующей проведения различных вариантов экспертиз (технической, судебной и др.) [1, 2].



Рис. 1. Обрушение башенного крана в г. Омске

Рассмотрим анализ причин падения башенного крана на примере несчастного случая, произошедшего на площадке строительства жилого дома в г. Балашов

Саратовской области (падение крана КБ-403Б). Машинист башенного крана поднял груз на высоту 35...37 м и начал перемещать кран в сторону. Предположительно внезапный порыв ветра, воздействуя на металлоконструкции крана, способствовал ускорению его перемещения, и, с учётом отсутствия тормозного момента механизма передвижения, кран стал неуправляемым. Продолжая движение по крановым путям под воздействием ветра, кран сдвинул тупиковые упоры, ударился о контрольный груз и, опрокинув его, сошёл с крановых путей. Наличие положительной экспертизы промышленной безопасности данного крана должно свидетельствовать о том, что повреждений и дефектов металлических конструкций крана до аварии зафиксировано не было.



*Рис. 2. Обрушение башенного крана в г. Кемерово*



*Рис. 3. Падение башенного крана в г. Липецке*

Одним из наиболее доступных методов определения возникновения причин

аварийных ситуаций является проведение анализа на основе построения модели в расчётных комплексах (SCAD, ЛИРА и т.д.).



*Рис. 4. Падение башенного крана в Подмосковье*

Для подтверждения причин падения крана в расчётной программе SCAD 11.5 были смоделированы несколько аварийных ситуаций (различные варианты загрузки, при разных углах поворота стрелы). При этом были сделаны следующие допущения (ввиду неполной информации об элементах конструкции крана):

- колесная база смоделирована по конфигурации крана объёмными пространственными элементами без отверстий с общей массой, не отличающейся от паспортной;

- поворотный механизм и противовес смоделированы по такому же принципу, как и колесная база;

- сечения портала, башни, секций стрелы согласно значениям, указанным в паспорте крана;

- модель выполнена с допущениями, несущими в себе некоторый запас прочности;

- одним из основных критериев оценки состояния конструкций являются деформации (рис. 5...9).

Таким образом, из схем деформирования видно, что наиболее опасным является комбинация загрузок при действии динамической составляющей ветра. По заданным моделям получены результаты, которые, для удобства исследования и сопоставления с нормативными, сведены в таблицу.

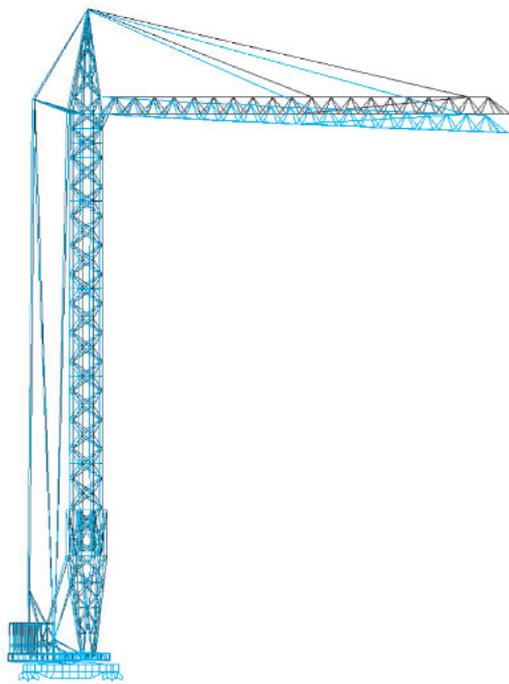


Рис. 5. Деформации крана при 1 комбинации загрузжений (от перегруза поддона)

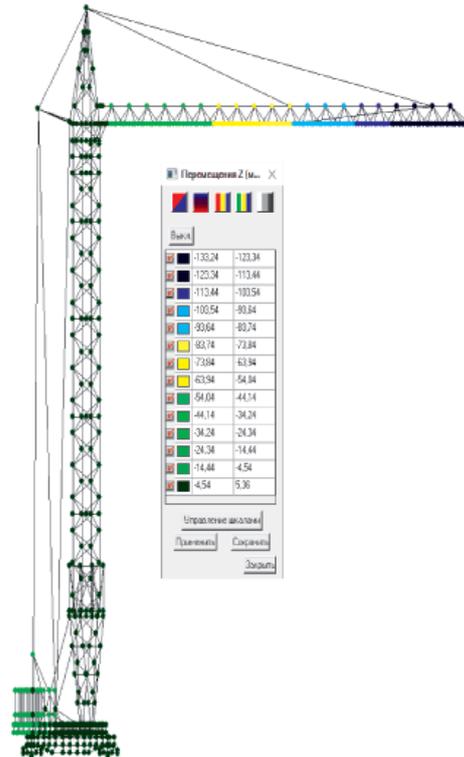


Рис. 7. Деформации крана при 1 комбинации загрузжений (динамическая нагрузка при угле стрелы 24)

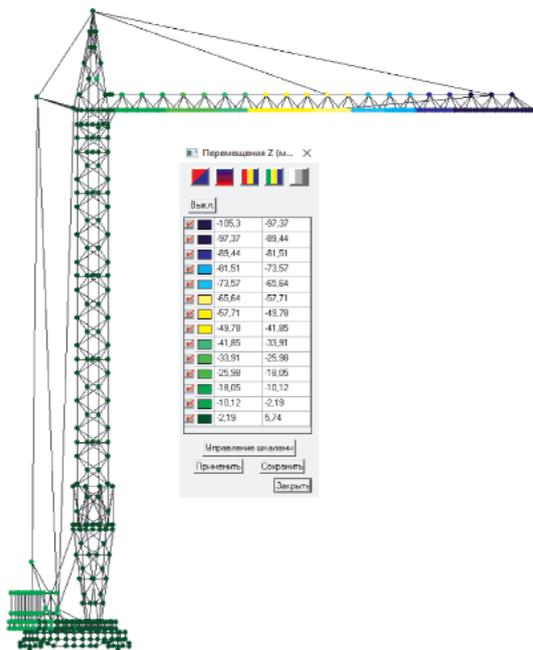


Рис. 6. Деформации крана при собственном весе крана

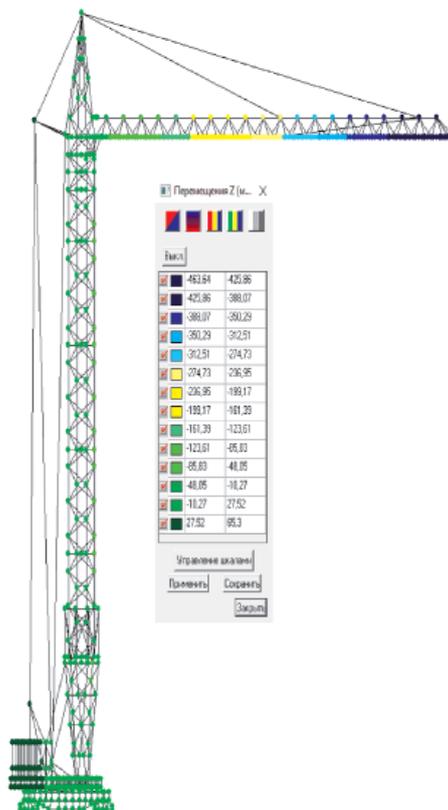


Рис. 8. Деформации крана при 2 комбинации загрузжений (динамическая нагрузка при угле стрелы 60)

Наиболее неблагоприятное сочетание усилий содержит нагрузку собственного веса крана, веса поддона, ветрового воздействия (динамическая составляющая), движения крана.

Движение крана началось при самом неблагоприятном положении стрелы крана к оси движения, а именно 24°.

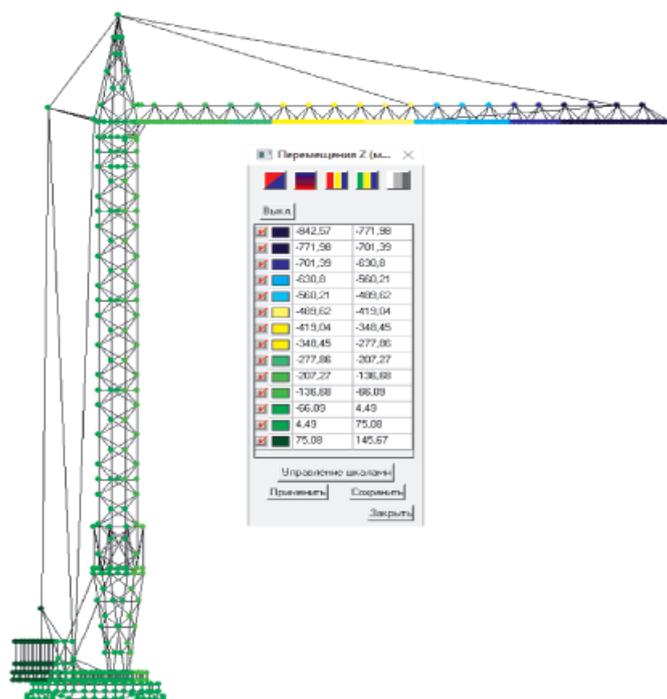


Рис. 9. Деформации крана при 3 комбинации нагрузжений (динамическая нагрузка при угле стрелы 90)

Значения опрокидывающих моментов при различных углах поворота стрелы

Угол поворота стрелы относительно рельсов	Значения опрокидывающих моментов при различных нагрузжениях (размерность т·м)					
	Собственный вес крана + вес поддона	Собственный вес крана + вес поддона + движение крана	Собственный вес крана + вес поддона + ветровое воздействие (статическое)	Собственный вес крана + вес поддона + ветровое воздействие (динамическое)	Собственный вес крана + вес поддона + ветровое воздействие (статическое)	Собственный вес крана + вес поддона + ветровое воздействие (динамическое)
24	–	77,22	26,34	199,08	<b>313,62</b>	<b>724,92</b>
60	–	37,8	–	167,88	230,04	<b>403,92</b>
90	–	18,3	–	163,92	181,86	<b>367,38</b>

Опрокидывание крана происходило при угле поворота стрелы при 24°, при нагрузках собственного веса крана, веса поддона, ветрового воздействия (статическая составляющая), движения крана, так как угол поворота стрелы крана 24°, опрокидывающий момент составляет 313,62, что в 1,34 раза больше расчетного.

Опрокидывание крана происходит при всех углах поворота от сочетания нагрузок, содержащих собственный вес крана, вес поддона, ветровое воздействие (динамическая составляющая), движение крана, так как:

– угол поворота стрелы крана 24°, опрокидывающий момент составляет 724,92, что в 3,1 раза больше расчетного;

– угол поворота стрелы крана 60°, опрокидывающий момент составляет 403,92, что в 1,72 раза больше расчетного;

– угол поворота стрелы крана 90°, опрокидывающий момент составляет 367,38, что в 1,57 раза больше расчетного.

Принимая во внимание заложенные в расчётную модель вышеупомянутые условия и результаты, полученные расчётом, можно сделать вывод о том, что тупиковые упоры, установленные в соответствии с требованиями нормативно-технической документации, не предотвратили бы опрокидывание башенного крана, при условии загрузки крана по третьему варианту, т.е. с учётом воздействия шквалистого ветра.

Проведённое исследование в совокупности позволяет сделать вывод, что основной причиной падения башенного крана КБ-403Б, произошедшего на строительной площадке в г. Балашов Саратовской области, является шквалистое усиление ветра при работающем кране. Для предотвращения аналогичных аварий в будущем необходимо запрещать работу при шквалистом ветре и других неблагоприятных погодных условиях.

Таким образом, моделирование является наиболее объективным методом определения причин падения грузоподъёмных механизмов и может использоваться в качестве основы судебно-технической экспертизы, доказывая или опровергая ту или иную версию.

Для повышения безопасности эксплуатации грузоподъёмных механизмов предлагается регулярно проводить их экспертизу промышленной безопасности, комплексное обследование крановых путей, обследование тупиковых упоров. Для более тщательного анализа работы конструкций грузоподъёмных механизмов предлагается проводить динамические испытания металлических конструкций на специально разработанных стендах [5, 6].

#### Список литературы

1. Арискин М.В., Акулин О.И., Секачёв В.А., Сорокин Г.Е., Николаев А.П. Результаты технической экспертизы о причинах разрушения металлоконструкций башенного крана КБ-100.3Б // Молодой учёный. – 2015. – № 17. – С. 95–99.
2. Гарькин И.Н., Гарькина И.А. Анализ причин обрушения строительных конструкций промышленных зданий с позиций системного подхода // Альманах современной науки и образования. – Тамбов: Грамота, 2014. – № 5–6 (84). – С. 48–51.
3. Гарькина И.А., Данилов А.М., Гарькин И.Н. Корреляционные и спектральные методы при мониторинге сложных конструкций // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – № 1. – С. 104–110.
4. Гарькина И.А., Данилов А.М., Гарькин И.Н. Спектральные методы при анализе динамических систем // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – № 3. – С. 109–113.
5. Гарькин И.Н. Перспективные разработки в области повышения выносливости подкрановых балок // Успехи

современной науки и образования. – 2016. – № 8. – Т. 3. – С. 83–89.

6. Данилов А.М., Гарькина И.А., Гарькин И.Н. Защита от удара и сопровождающей вибрации: экспоненциально-тригонометрическая аппроксимация функции // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 3. – С. 85–88.

7. Нежданов К.К., Гарькин И.Н. Испытание неразрезных подкрановых балок на выносливость // Региональная архитектура и строительство. – 2016. – № 2. – С. 81–86.

8. Нежданов К.К., Кузьмишкин А.А., Гарькин И.Н. Применение двухстенчатых подкрановых балок с амортизирующим эффектом // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 3. – С. 91–94.

9. Нежданов К.К., Гарькин И.Н. Способ проката двутаврового профиля сечения из низколегированной стали // Строительная механика и расчёт сооружений. – 2011. – № 4. – С. 51–54.

10. Клочев С.В., Клочев А.В. Пределы идентификации природных и инженерных конструкций // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 12–2. – С. 68–70.

#### References

1. Ariskin M.V., Akulin O.I., Sekachjov V.A., Sorokin G.E., Nikolaev A.P. Rezultaty tehnicheckoj jekspertizy o prichinah razrushenija metallokonstrukcij bashennogo kрана KB-100.3B // Molodoy uchjonyj. 2015. no. 17. pp. 95–99.
2. Garkin I.N., Garkina I.A. Analiz prichin obrushenija stroitelnykh konstrukcij promyshlennykh zdaniy s pozicij sistemnogo podhoda // Almanah sovremennoj nauki i obrazovanija. Tambov: Gramota, 2014. no. 5–6 (84). pp. 48–51.
3. Garkina I.A., Danilov A.M., Garkin I.N. Korreljacionnye i spektralnye metody pri monitoringe slozhnykh konstrukcij // Regionalnaja arhitektura i stroitelstvo. 2014. no. 1. pp. 104–110.
4. Garkina I.A., Danilov A.M., Garkin I.N. Spektralnye metody pri analize dinamicheskikh sistem // Regionalnaja arhitektura i stroitelstvo. – 2014. no. 3. pp. 109–113.
5. Garkin I.N. Perspektivnye razrabotki v oblasti povyshenija vynoslivosti podkranovykh balok // Uspehi sovremennoj nauki i obrazovanija. 2016. no. 8. T. 3. pp. 83–89.
6. Danilov A.M., Garkina I.A., Garkin I.N. Zashhita ot udara i soprovozhdajushhej vibracii: jeksponecialno-trigonometriceskaja approksimacija funkcij // Regionalnaja arhitektura i stroitelstvo. 2012. no. 3. pp. 85–88.
7. Nezhdanov K.K., Garkin I.N. Ispytanie nerazreznykh podkranovykh balok na vynoslivost // Regionalnaja arhitektura i stroitelstvo. 2016. no. 2. pp. 81–86.
8. Nezhdanov K.K., Kuzmishkin A.A., Garkin I.N. Prime-nenie dvuhstenchatykh podkranovykh balok s amortizirujushhim jeffektom // Regionalnaja arhitektura i stroitelstvo. 2013. no. 3. pp. 91–94.
9. Nezhdanov K.K., Garkin I.N. Sposob prokata dvutavrovogo profilja sechenija iz nizkolegirovannoj stali // Stroitel'naja mehanika i raschjot sooruzhenij. 2011. no. 4. pp. 51–54.
10. Kljuev S.V., Kljuev A.V. Predely identifikacii prirodnyh i inzhenernykh konstrukcij // Fundamentalnye issledovanija. 2007. no. 12–2. pp. 68–70.

УДК 004.89:519.6

## ДИСКРЕТИЗАЦИЯ ПОЛОЙ ТРЕХМЕРНОЙ ОБЛАСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫМИ МЕТОДАМИ

**Архипов С.В., Цыренов Ц.В.**

*ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет»,  
Улан-Удэ, e-mail: svarkh@bsu.ru, tsyrya@gmail.com*

Работа посвящена проблеме дискретизации полой пространственной области на основе нейросетевой модели самоорганизующихся карт Кохонена (SOM). Приведен модифицированный алгоритм SOM и его программная реализация построения адаптивной сетки для полой пространственной области. Обсуждены особенности адаптации внутренней границы области и выбора параметров обучения. В алгоритме выделены две макроитерации, соответствующие этапам уточнения и упорядочивания. Для получения лучшего результата в модифицированном алгоритме SOM предлагается в качестве параметра Гауссовой функции расстояния использовать линейно убывающую функцию на этапе уточнения и экспоненциально убывающую в последующем. Исследована зависимость экстремальных значений параметра гауссовой функции от числа итераций на каждом из этапов обучения нейросети. Рекомендации по выбору параметров обучения хорошо согласуются с результатами построения адаптивных сеток для плоских односвязных областей.

**Ключевые слова:** дискретизация, адаптивные сетки, полая трехмерная область, нейросетевые алгоритмы, самоорганизующиеся карты SOM

## SAMPLING OF HOLLOW SPATIAL DOMAIN BY NETWORK MEANS

**Arkhipov S.V., Tsyrenov Ts.V.**

*Federal Government Budget Educational Institution of Higher Education Buryat State University,  
Ulan-Ude, e-mail: svarkh@bsu.ru, tsyrya@gmail.com*

The paper deals with the problem of sampling of hollow spatial domain on the basis of neural network model of Kohonen Self-Organizing Maps (SOM). The modified algorithm of SOM and its program implementation of the adaptive grid for hollow spatial domain are presented here. This paper analyses adaptation trends of domain inner boundary and parameters selection for training. There are two macro iterations corresponding to stages of specification and regulation in the algorithm. For best results it is offered to use linearly decreasing function at a stage of specification and then exponentially decreasing function as the parameter of Gaussian function in the modified algorithm of SOM. The dependence of the parameter extremal values from the number of iterations at each stage of neural network training is studied. The recommendations on selection of training parameters are in accord with the results of the adaptive grids building for plane simply connected domains.

**Keywords:** sampling, adaptive grids, hollow three-dimensional domain, neural network algorithms, self-organizing maps (SOM)

Адаптивные сетки, представляя дискретную модель физической области, нашли важное применение при решении сложных задач численного моделирования во многих областях науки, таких как гидродинамика, динамика твердого тела, теория упругости, термодинамика и т.д. [2, 3, 6, 7, 13].

Интенсивное развитие вычислительной техники значительно расширило возможности численных алгоритмов решения прикладных задач. Известны многочисленные теоретические и экспериментальные результаты, показывающие преимущества использования адаптивных сеток при решении сложных многомерных задач [12] и др.

Традиционными методами построения адаптивных сеток являются метод эквираспределения [6], Томпсона [13], эллиптический метод [3], алгебраические методы [7], конформных отображений [2] и т.д. В основе большинства применяемых методов лежат

теории дифференциальных уравнений, вариационного исчисления и дифференциальной геометрии. При этом построение адаптивных сеток требует решения сложных систем нелинейных дифференциальных уравнений с частными производными, что накладывает ряд известных ограничений.

В настоящее время высокую эффективность построения адаптивных сеток с заданной плотностью на сложной физической области демонстрируют нейросетевые алгоритмы [4, 5, 8, 11] и т.д. Развитие современных нейросетевых моделей обязано классической теории самоорганизующихся карт Кохонена (SOM – Self-Organizing Maps) (например, [9, 10]). Этот метод обладает рядом преимуществ по сравнению с классическими методами, он прост в реализации и может использовать произвольные начальные данные, например равномерные треугольные, прямоугольные или

шестиугольные сетки. Данный метод не зависит от размерностей вычислительного или физического пространств. Это значит, что с помощью этого метода можно строить адаптивные сетки любой размерности на одно-, двух- и трехмерных областях.

Наиболее важными свойствами модели SOM являются, во-первых, ее способность строить отображения произвольной размерности на основе самоорганизации и методов теории вероятностей и, во-вторых, наличие у нее внутреннего параллелизма, как у представителя нейронных сетей. Однако при использовании базовой модели SOM возникает ряд проблем, упоминающихся во многих источниках, например [5], к числу которых относятся граничный эффект, наличие «мертвых» нейронов и нарушение сохранения топологии при отображении. Эти проблемы ограничивают возможности применения модели SOM, в том числе и для построения адаптивных сеток. Было установлено, что граничный эффект приводит к неплотному прилеганию сетки к границе физической области, «мертвые» нейроны появляются при выходе узлов сетки за границу области, а нарушение сохранения топологии приводит к вырожденности сетки.

Для решения указанных проблем разработаны модифицированные методы, в основе которых лежат идеи чередования базового алгоритма для внутренних и внешних узлов сетки [11], а также усовершенствования функции соседства нейронов с усложнением параметров функций расстояния и скорости обучения относительно дискретного времени [4, 5].

Настоящая работа посвящена совершенствованию нейросетевых алгоритмов построения адаптивных сеток на сложных пространственных областях, характеризующихся пористой структурой, программой реализации и апробации предложенных алгоритмов, выработке рекомендаций по выбору параметров обучения. В основе применяемых алгоритмов лежит идея чередования базового алгоритма для граничных и внутренних узлов сетки, а также использования упрощенных формул функции соседства нейронов. Вычислительные эксперименты показали эффективность рекомендаций по выбору параметров обучения нейросети на односвязной плоской области [1] и в случае трехмерной полый области.

### Основные идеи

Как известно, нейросетевая модель SOM состоит из карты нейронов, опре-

деленным образом расположенных друг относительно друга в пространстве, которое называется выходным. Наиболее распространенным расположением нейронов в карте является их расположение в узлах прямоугольной сетки. С каждым нейроном связан весовой вектор, являющийся элементом пространства, которое называется входным пространством. Весовой вектор корректируется в процессе итерационного алгоритма обучения модели SOM, используя элементы обучающего множества, состоящего из конечного числа векторов входного пространства. Считается, что обучающее множество – это выборка из вероятностного распределения, которое требуется аппроксимировать весовыми векторами нейронов в результате обучения.

Рассмотрим алгоритм модифицированной модели SOM для пространственной адаптивной сетки на многосвязной пространственной области. Под многосвязной областью будем подразумевать область  $G$ , для которой существует замкнутая поверхность, не стягиваемая в пределах области непрерывной деформацией в точку.

Пусть в области  $G$  выделены внутренние границы  $G_1, G_2, \dots, G_{n-1}$ , внешняя граница  $G_n$  и внутренность  $G_{n+1}$ . Такое разбиение позволит использовать базовую модель SOM на всей области  $G$ , на ее внешней  $G_n$  и внутренних  $G_1, G_2, \dots, G_{n-1}$  границах, а также внутренности  $G_{n+1}$ . Пусть  $W_{ijk} = N \times N \times N$  – это равномерная кубическая сетка, зафиксированная на области  $G$ . Подмножество индексов граничных узлов  $W_n$  описывает узлы  $G_n$ , т.е. узлы, расположенные на границе области  $G$ ,  $W_{n+1}$  описывает  $G_{n+1}$  – внутренние узлы  $G$ , а  $W_1, W_2, \dots, W_{n-1}$  – узлы, расположенные на соответствующих внутренних границах  $G_1, G_2, \dots, G_{n-1}$ .

В этих обозначениях модифицированный алгоритм можно описать следующей последовательностью шагов.

1. Устанавливаются начальные веса  $w_{ijk}$  всех нейронов в вершинах трехмерной сетки.

2. На первой макроитерации ( $s = 1$ ), соответствующей дискретному времени  $t \in [1, t_0]$ , выполняется:

2.1. Генерируется случайная точка  $x(t)$  во всей области  $G$ ;

2.2. Определяется нейрон победитель в евклидовой метрике  $d$ . Фиксируются сеточные координаты нейрона победителя  $i_{BMU}, j_{BMU}, k_{BMU}$  ( $BMU$  – best matching unit) для образца  $x(t)$ ;

2.3. Настраиваются новые весовые значения нейронов сети по формуле

$$w_{ijk}(t+1) = w_{ijk}(t) + \theta(t, i_{BMU}, j_{BMU}, k_{BMU}, i, j, k)(x(t) - w_{ijk}(t)), \quad (1)$$

где

$$\theta(t, i_{BMU}, j_{BMU}, k_{BMU}, i, j, k) = \delta(t) h(d, t) \quad (2)$$

– функция соседства нейронов;  $t$  – номер итерации;  $\delta(t)$  – функция скорости обучения;  $h(d, t)$  – функция расстояния.

3. Осуществление вырезов:

3.1. Удаление нейронов, попавших в полость области  $G$ .

3.2. Определение внутренних границ сетки  $W_1, W_2, \dots, W_{n-1}$ .

4. На каждой макроитерации  $s > 1$  выполняется:

4.1. В течение  $T_1(s)$  итераций:

4.1.1. Генерируется случайная точка  $x(t)$  на одной из границ (внешней/внутренней) области  $G$ , т.е. точка принадлежащая одной из областей  $G_1, G_2, \dots, G_n$ ;

положения сетки в области. Последующие макроитерации уточняют расположение сетки относительно границы и внутренней области  $G$ .

В работе рассмотрена упрощенная функция соседства (2). Так за скорость обучения выбрана убывающая степенная функция  $\delta(t) = t^{-0.2}$ , за функцию расстояния выбрана функция Гаусса

$$h(d, t) = e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2(t)}},$$

где  $\sigma(t) = a \cdot t^{-0.2}$  – радиус обучения, параметр  $a$ :

$$a(t) = \begin{cases} \frac{a(t_0) - a(1)}{t_0}(t_0 - t) + a(1), & \text{при } 1 \leq t \leq t_0; \\ a(t_0) \left( 1 - e^{-\frac{5(t - t_{\max} - t_0)}{t_{\max} + t_0}} \right) (0,005)^{\frac{t - t_0}{t_{\max} - t_0}} + a_{\min}, & \text{при } t_0 < t \leq t_{\max}. \end{cases} \quad (3)$$

4.1.2. Определяется нейрон победитель  $BMU$  из граничных узлов сетки, индексы которых входят в  $W_i$ , где  $i$  – индекс области  $G_i$ , из которой был выбран случайный объект;

4.1.3. Настраиваются новые весовые значения граничных узлов сетки, индексы которых входят в  $W_i$ , по формуле (1).

4.2. В течение  $T_2(s)$  итераций:

4.2.1. Генерируется случайная точка  $x(t)$  во всей области  $G$ ;

4.2.2. Определяется нейрон победитель  $BMU$  среди всех узлов сетки;

4.2.3. Если в шаге 4.2.2 победил нейрон сетки, индексы которого входят в  $W_i, i = 1, n$ , то случайно сгенерированная точка  $x(t)$  заменяется на этот нейрон;

4.2.4. Настраиваются новые весовые значения внутренних узлов сетки, индексы которых входят в  $W_{n+1}$ , по формуле (1).

5. Повторяются макроитерации до тех пор, пока изменения положений узлов не станут достаточно малыми.

Первая макроитерация в классической терминологии соответствует этапу упорядочивания. Здесь важным показателем является правильность предварительного рас-

следует отметить, что использование формулы (3) в качестве параметра  $a(t)$  продиктовано работой [1].

В представленном алгоритме наибольшее время занимает процесс нахождения ближайшего узла сетки к заданной точке пространства. Поскольку поиск  $BMU$  применяется не один раз, то минимизация времени и числа операций является важной подзадачей. Чтобы ускорить вычисления, производится дихотомия над узлами сетки – разбиение области сетки на одинаковые элементарные ее подобласти – кубики. При этом сложность рекурсивного поиска можно оценить как  $O(\log)$ , когда как сложность простого перебора узлов сетки  $N \times N \times N$  равна  $O(N^3)$ .

Еще одним относительно трудоемким процессом при построении сетки является процесс корректировки узлов. Так как сдвиг узла определяется по формуле, которая не зависит от других узлов сетки, то эти операции можно выполнять параллельно. Поэтому при реализации алгоритма операции корректировки узлов целесообразно распараллелить на  $N^3$  процессов.

**Вычислительные эксперименты**

Вычислительные эксперименты проводились на симметричной выпуклой области  $G$  – куб с полостью в форме сферы. Выбор симметричной формы для вычислительных экспериментов обусловлен очевидностью выбора правильного расположения адаптивной сетки в процессе вариаций параметров обучения.

При анализе качества построения сетки в модифицированном алгоритме целесообразно разделить этапы упорядочивания и уточнения. В следующих вычислительных экспериментах исследовалось качество построения сетки при вариациях параметров  $a$  и  $t_0$ . За основу на первом этапе обучения принята [1] линейная зависимость параметра  $a$  от дискретного времени  $t$ .

На рис. 1 приведены итоги стадии упорядочивания в зависимости от числа итера-

ций  $t_0$ . Как видно (рис. 1, в), с увеличением числа итераций сеть, приспосабливаясь к особенностям области, на 100000 итерации приняла оптимальное положение. Под оптимальным положением понимается правильная ориентация сетки – для квадратной области в соответствии с расположением вершин квадрата.

Уменьшение нижнего предела параметра  $a$  на этапе упорядочивания при неизменных  $t_0$  и  $a(1)$  приводит к ухудшению качества предварительного построения сетки (рис. 2). Это объясняется тем, что с уменьшением  $a(t_0)$  уменьшается и радиус обучения  $\sigma(t)$ , а следовательно, основное смещение узлов сетки происходит в окрестности сгенерированных точек. В результате нарушается не только гладкость сетки, но и увеличивается ее размер, что значительно ухудшает качество адаптации на втором этапе обучения.

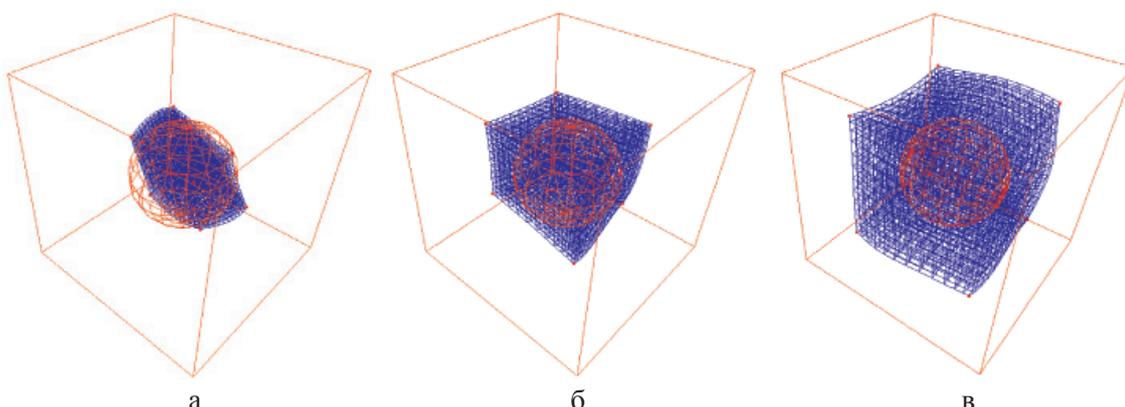


Рис. 1. Предварительное расположение сетки в области при  $a(1) = 100$ ,  $a(t_0) = 25$  по истечении  $t_0$  итераций:  
 $a - t_0 = 1000$ ;  $б - t_0 = 5000$ ;  $в - t_0 = 100000$

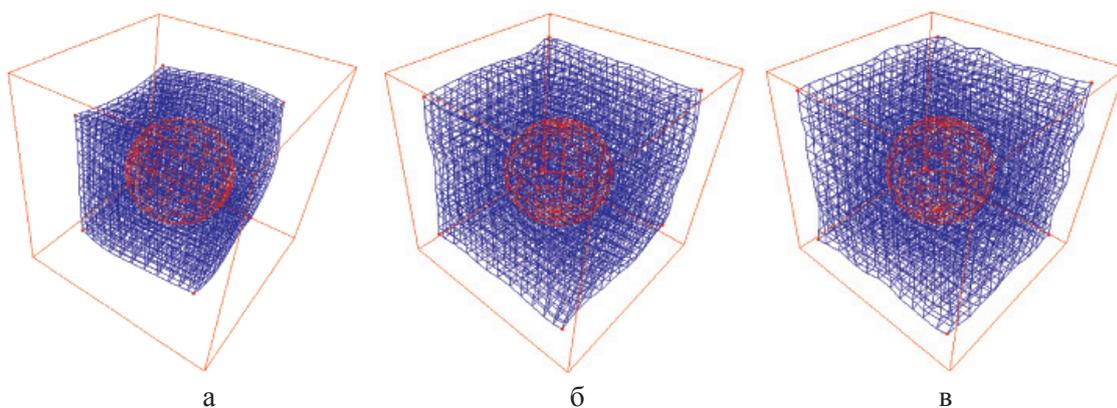


Рис. 2. Предварительное расположение сетки в области при  $a(1) = 100$ ,  $t_0 = 100000$  и различных значений параметра  $a$ :  
 $a - a(t_0) = 25$ ;  $б - a(t_0) = 10$ ;  $в - a(t_0) = 5$

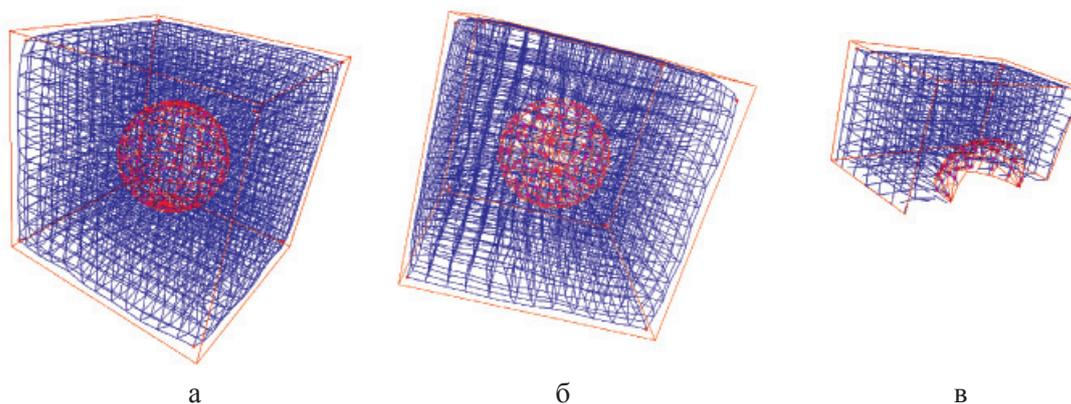


Рис. 3. Результат применения алгоритма для полый трехмерной области:  
а – вид сбоку; б – вид снизу; в – в разрезе

Исследовалась зависимость качества построения адаптивной сетки от верхнего предела параметра  $a$  при неизменных  $t_0$  и  $a(t_0)$ . Выявлено, что при уменьшении верхнего предела параметра  $a$  качество адаптации сетки значительно снижается. Вычисления показывают, что при достаточно большом радиусе начального обучения, например при  $a(1) = 100$ , в первых итерациях сеть «сжимается» к случайно сгенерированным точкам, уменьшаясь в размерах. После чего медленно разворачивается, адаптируясь к особенностям области. При уменьшении начального радиуса сеть минуется стадию «сжатия», и начальные размеры сети уменьшают возможности правильной адаптации.

На стадии уточнения эксперименты подтвердили [1] целесообразность использования экспоненциально убывающей функции (3), расположенной достаточно близко к оси дискретного времени в последних итерациях. Следует отметить, что использование линейно убывающей функции сохраняет качество адаптации, но значительно увеличивает время расчетов. Пример построения адаптивной сетки для функции (3) приведен на рис. 3.

### Выводы

Представленная реализация нейросетевого алгоритма доказывает возможность построения адаптивных сеток на сложных физических областях, характеризующихся пористой структурой. В основе модифицированного алгоритма лежит идея чередования базового

алгоритма для граничных и внутренних узлов сетки в сочетании с упрощенной функцией соседства. Для получения лучшего результата в модифицированном алгоритме SOM рекомендуется в качестве параметра  $a$  Гауссовой функции расстояния использовать линейно убывающую функцию на первой макроитерации и экспоненциально убывающую в последующей. Вычислительные эксперименты по адаптации симметричной трехмерной полый области подтвердили рекомендации по выбору параметров обучения нейросети на односвязной плоской области [1].

### Список литературы

1. Архипов С.В. Модифицированные алгоритмы построения нейронной сети SOFM // Вестник БГУ. Математика и информатика. – 2011. – Вып. 9. – С. 61–68.
2. Годунов С.К., Проконов Г.П. О расчетах конформных отображений и построении разностных сеток // Журн. вычисл. математики и мат. физики. – 1967. – Т. 7. – С. 1031–1059.
3. Лисейкин В.Д., Лебедев А.С., Китаева И.А. Универсальный эллиптический метод построения разностных сеток. – Новосибирск: НГУ, 2004. – 266 с.
4. Нечаева О.И. Нейросетевой подход для построения адаптивных сеток // Нейроинформатика – 2006. – Ч. 2. – С. 172–179.
5. Нечаева О.И. Композиционный алгоритм для построения адаптивных сеток произвольной структуры // Сборник научных трудов Всероссийской научно-технической конференции Нейроинформатика-2007. – М.: МИФИ, 2007. – С. 72–79.
6. Хакимзянов Г.С., Шокин Ю.И., Барахнин В.Б., Шокина Н.Ю. Численное моделирование течений жидкости с поверхностными волнами. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 394 с.
7. Gordon W.J., Thiel L.C. Transfinite mappings and their applications to grid generation. // Numerical Grid Generation, Appl. Mathematics and Computation. – 1982. – Vol. 2/3. – P. 171–192.

8. Koutnik J., Mazl R., Kulich M. Building of 3d environment models for mobile robotics using self-organization // In Proc. of The 9th International Conference on Parallel Problem Solving From Nature – PPSN-IX, Springer. – 2006. – P. 721–730.

9. Kohonen T. Self-organizing Maps // Springer Series in Information Sciences, Springer, Berlin, Heidelberg. – New York, 2001. – Vol. 30. – 501 p.

10. Kohonen T. K. Self-organization and associative memory. – New York: Springer Verlag, 1989. – 312 p.

11. Manevitz L., Yousef M. Finite-Element Mesh Generation Using Self-Organizing Neural Networks // Microcomputers in Civil Engineering. – 1997. – № 12. – P. 233–250.

12. Ritter H., Martinetz T., Schulten K. Neural Computation and Self-Organizing Maps: An Introduction. – New York: Addison-Wesley, 1992.

13. Thompson J.F., Warsi Z.U.A., Mastin C.W. Numerical grid generation, foundations and applications. – Amsterdam: North-Holland, 1985.

### References

1. Arhipov S.V. Modificirovannye algoritmy postroeniya nejronnoj seti SOFM // Vestnik BGU. Matematika i informatika. Vyp. 9. 2011. pp. 61–68.

2. Godunov S.K., Prokonov G.P. O raschetah konformnyh otobrazhenij i postroenii raznosnyh setok // Zhurn. vychisl. matematiki i mat. fiziki. T. 7. 1967. pp. 1031–1059.

3. Lisejkin V.D., Lebedev A.C., Kitaeva I.A. Universalnyj jellipticheskij metod postroeniya raznosnyh setok // Novosibirsk: NGU, 2004. 266 p.

4. Nechaeva O.I. Nejrosetevoj podhod dlja postroeniya adaptivnyh setok // Nejroin-formatika 2006. Ch. 2. 172–179 p.

5. Nechaeva O.I. Kompozicionnyj algoritim dlja postroeniya adaptivnyh setok proizvolnoj struktury // Sbornik nauchnyh trudov Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii Nejroinformatika-2007. M.: MIFI, 2007. pp. 72–79.

6. Hakimzjanov G.S., Shokin Ju.I., Barahnin V.B., Shokina N.Ju. Chislennoe modelirovanie techenij zhidkosti s poverhnostnymi volnami. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2001, 394 p.

7. Gordon W.J., Thiel L.C. Transfinite mappings and their applications to grid generation // Numerical Grid Generation, Appl. Mathematics and Computation, Vol. 2/3. 1982. pp. 171–192.

8. Koutnik J., Mazl R., Kulich M. Building of 3d environment models for mobile robotics using self-organization // In Proc. of The 9th International Conference on Parallel Problem Solving From Nature PPSN-IX, Springer, 2006, pp. 721–730.

9. Kohonen T. Self-organizing Maps // Springer Series in Information Sciences, V.30, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2001, 501 p.

10. Kohonen T.K. Self-organization and associative memory. New York: Springer Verlag. 1989. 312 p.

11. Manevitz L., Yousef M. Finite-Element Mesh Generation Using Self-Organizing Neural Networks // Microcomputers in Civil Engineering 12, 1997, pp. 233–250.

12. Ritter H., Martinetz T., Schulten K. Neural Computation and Self-Organizing Maps: An Introduction. New York: Addison-Wesley, 1992.

13. Thompson J.F., Warsi Z.U.A., Mastin C.W. Numerical grid generation, foundations and applications // Amsterdam: North-Holland. 1985.

УДК 004.942:62-91

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗАПРАВКИ РАКЕТЫ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**Басотин Е.В., Витюк В.Л., Миронов Е.А., Мосиенко А.Г., Суворов А.Н.**

*ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, e-mail: vka@mail.ru*

В статье предложена математическая модель расчета надёжности системы контроля заправки ракеты-носителя в виде вероятностной функции недостижения предельного состояния. В качестве исходных данных для расчета предложено использовать вероятность безотказной работы конечных элементов дерева предельного состояния системы. Предложен порядок обследования и оценивания технического состояния системы, прогнозирования ресурса и обоснования рационального перечня мероприятий, позволяющих обеспечить заданный уровень надёжности системы. В статье приведены основные определения и математические соотношения теории надёжности, позволяющие решить поставленную задачу без использования сложных математических и статистических алгоритмов. Результаты расчета надёжности системы контроля заправки могут быть использованы для дальнейшего расчета и прогнозирования вероятности безотказной работы системы на достаточно длительный период эксплуатации, что позволит прогнозировать эксплуатационные затраты на применение системы и свести к минимуму вероятность критических отказов как системы, так и стартового комплекса в целом.

**Ключевые слова:** заправка, техническое состояние, ресурс, надёжность, ракета-носитель

## MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING RELIABILITY INDEX CONTROL SYSTEM FILLING SPACE ROCKETS

**Basotin E.V., Vityuk V.L., Mironov E.A., Mosienko A.G., Suvorov A.N.**

*Mozhaisky Military Space Academy, Sankt-Petersburg, e-mail: vka@mail.ru*

In the article the mathematical model for calculating the reliability of the control fueling of the launch vehicle system as a function of the probability of failure to reach a limiting condition. The initial data for the calculation proposed to use probability of failure of the finite element tree limit state system. A procedure of examination and evaluation of the technical state of the system, resource forecasting and rational justification of the list of activities to ensure the specified level of system reliability. The article presents the basic definitions and mathematical relations of reliability theory, allow to solve the problem without the use of complex mathematical and statistical algorithms. The results of calculation of grade refueling control system can be used for further calculation and prediction of the probability of failure-free operation of the system for a sufficiently long period of operation, that will predict the operating costs of the application of the system and to minimize the likelihood of critical failures as a system, and start system as a whole.

**Keywords:** refueling, maintenance, resource, reliability, space rocket

Система контроля заправки предназначена для выдачи контактных команд на пульт управления заправкой при достижении компонентами топлива во время заправки определенных значений в баках третьей ступени ракеты космического назначения среднего класса серии «Союз». Кроме того, система позволяет вести визуальный контроль заведением уровней компонентов топлива в баках в пределах  $\pm 10$  мм от точки «Уровень».

Система состоит из блока контроля заправки (БКЗ); пульта контроля указателей наполнения (ПК) с комплектом кабелей; пульта проверки (ПП) БКЗ и ПК с комплектом кабелей; имитатора (И) для проверки бортовой кабельной сети.

**Целью исследования** является разработка математической модели расчета надёжности системы контроля заправки, используемой для оценки готовности

третьей ступени ракеты космического назначения (РКН) среднего класса.

### Исходные предположения и допущения метода исследования

Система контроля заправки РКН является сложной системой многократного циклического применения.

Система задействована на этапе заправки РКН, для которого заданы требования по надёжности функционирования СК – вероятность успешного функционирования (вероятность безотказной работы) СК на данном этапе должна быть не ниже 0,95.

Приемлемый уровень вероятности недостижения предельного состояния системой определяется исходя из его вклада в вероятность недостижения предельного состояния стартового комплекса в целом на каждом из этапов функционирования.

### Разработка математической модели достижения предельного состояния системы

Дерево достижения предельного состояния представляет собой графическое отображение причинно-следственных связей между наступлением предельного состояния объекта с отказами (переходами в предельное состояние) его элементов и другими событиями [4]. При графическом построении деревьев отказов системы использовались обозначения логических операторов, представленные на рис. 1.

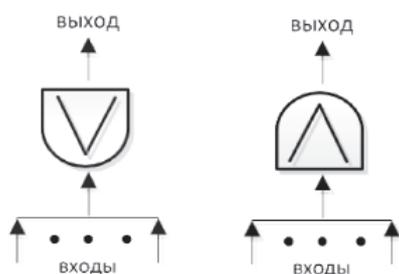


Рис. 1. Символы логических операторов «ИЛИ», «И» соответственно, используемые для графического построения дерева отказов системы

Остаточный ресурс (после наработки) – наработка объекта, начиная с момента до перехода в предельное состояние при установленных режимах применения и условиях эксплуатации [3].

Наработка – продолжительность или объем работы объекта [3]. Нарработка может измеряться в единицах времени или объема выполненной работы. Для оборудования системы, с учетом специфики их применения, наиболее удобно измерять наработку в единицах времени.

Предельное состояние (ПС) – состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно, либо восстановление его исправного или работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно [3].

Критериями предельного состояния объекта являются установленные в стандартах и конструкторских документах признаки состояния объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация невозможна, нецелесообразна или опасна [6].

В основу формирования критериев предельного состояния оборудования системы целесообразно положить признаки, характеризующие невозможность восстановления работоспособного состояния.

Невозможность восстановления работоспособного состояния объекта опре-

деляется возникновением неустраняемых (в данных условиях) отказов, вызывающих прекращение функционирования объекта.

Под неустраняемостью отказа оборудования системы понимается невозможность устранения отказа без прерывания применения оборудования по назначению и проведения определенных действий, вызывающих длительные перерывы функционирования оборудования и необходимость вложения значительных материальных и финансовых средств (проведение среднего и капитального ремонта, модернизация средств, разработка и изготовление блоков аппаратуры на новой элементной базе, демонтаж и замена стационарных кабельных сетей и т.п.).

На основании описанного выше могут быть выделены следующие критерии предельного состояния системы:

1. Приемлемый уровень вероятности недостижения предельного состояния системой определяется исходя из его вклада в вероятность недостижения предельного состояния в целом на каждом из этапов функционирования.

2. Допустимое количество составных элементов системы, достигших предельного состояния, определяется на основе расчета вероятностной функции достижения предельного состояния.

Вероятности событий, являющиеся компонентами вероятностной функции достижения предельного состояния (ВФ ДПС), определяются исходя из физической природы процессов, приводящих к наступлению каждого из них. Численные значения вероятностей наступления каждого события рассчитываются на основе физических, физико-статистических или статистических моделей, в зависимости от возможности получения исходных данных и характера описываемых процессов. Исходными данными для расчетов на основе физических и физико-статистических моделей являются параметры технического состояния, полученные в ходе визуального и измерительного контроля, в том числе с использованием приборов неразрушающего контроля.

В качестве математической модели достижения предельного состояния системой следует рассматривать критерий [5]

$$G: P_{\text{ндпс}} \geq \gamma,$$

где  $P_{\text{ндпс}}$  – вероятность недостижения предельного состояния системой;  $\gamma$  – условный приемлемый уровень вероятности недостижения предельного состояния (гамма), принятый для данной системы.

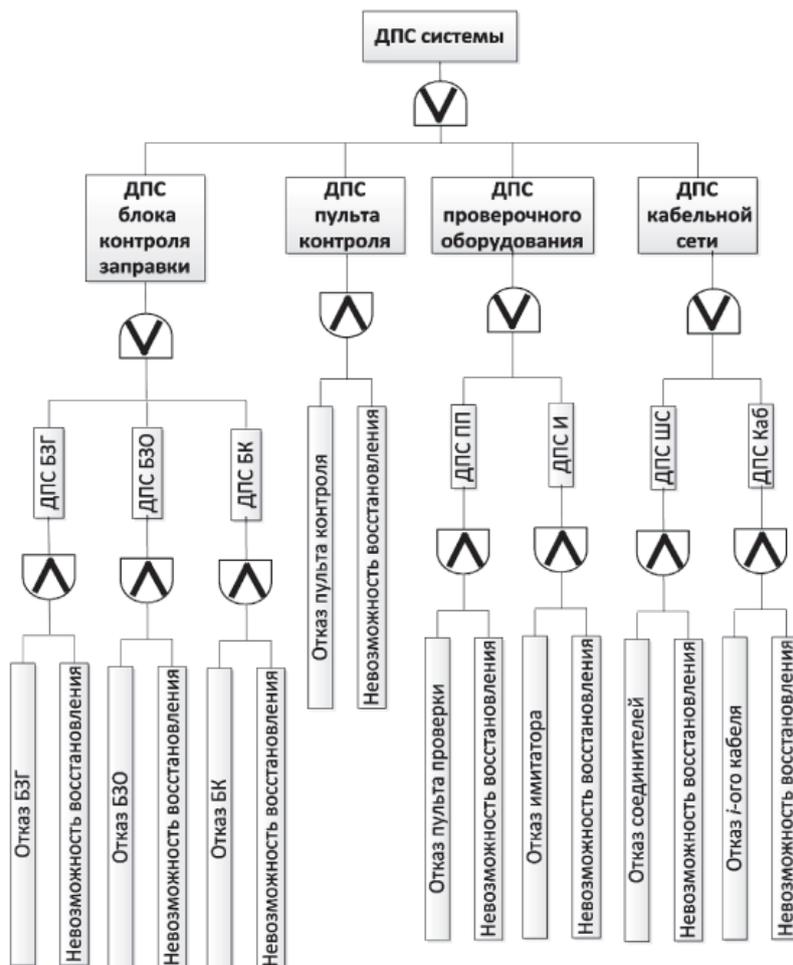


Рис. 2. Дерево достижения предельного состояния системы

Для более подробного представления математической модели достижения предельного состояния системой необходимо получить вероятностную функцию достижения предельного состояния, которая может быть получена путем формализации «дерева» достижения предельного состояния (рис. 2):

$$\text{ДПС} = X_{\text{БКЗ}} \vee X_{\text{ПК}} \vee X_{\text{ПРО}} \vee X_{\text{К}}, \quad (1)$$

где ДПС – достижение предельного состояния системы;  $X_{\text{БКЗ}}$  – достижение предельного состояния блока контроля заправки;  $X_{\text{ПК}}$  – достижение предельного состояния пульта контроля указателей наполнения;  $X_{\text{ПРО}}$  – достижение предельного состояния проверочного оборудования;  $X_{\text{К}}$  – достижение предельного состояния кабельной сети;

Логическая функция ДПС блока контроля заправки будет иметь вид:

$$X_{\text{БКЗ}} = Y_{\text{БЗГ}} \vee Y_{\text{БЗО}} \vee Y_{\text{БК}}, \quad (2)$$

где  $Y_{\text{БЗГ}}$  – достижение предельного состояния блока заправки горючего;  $Y_{\text{БЗО}}$  – достижение предельного состояния блока заправки окислителя;  $Y_{\text{БК}}$  – достижение предельного состояния блока коммутации

В свою очередь:

$$Y_{\text{БЗГ}} = y_{\text{БЗГ}}^1 \wedge y_{\text{БЗГ}}^2; \quad (3)$$

$$Y_{\text{БЗО}} = y_{\text{БЗО}}^1 \wedge y_{\text{БЗО}}^2; \quad (4)$$

$$Y_{\text{БК}} = y_{\text{БК}}^1 \wedge y_{\text{БК}}^2, \quad (5)$$

где индексами  $y^1$  обозначены переходы соответствующих элементов системы в работоспособное состояние, индексами  $y^2$  – невозможность восстановления работоспособного состояния.

Логическая функция ДПС пульта контроля указателей наполнения будет иметь вид

$$X_{\text{ПК}} = x_{\text{ПК}}^1 \wedge x_{\text{ПК}}^2, \quad (6)$$

где  $x_{\text{ПК}}^1$  – переход пульта контроля указателей наполнения в работоспособное со-

стояние;  $x_{ПК}^2$  – невозможность восстановления работоспособного состояния.

Логическая функция ДПС проверочного оборудования будет иметь вид

$$X_{про} = Y_{ПП} \vee Y_{И}, \quad (7)$$

где  $Y_{ПП}$  – переход пульта проверки БКЗ и ПК в неработоспособное состояние;  $Y_{И}$  – переход имитатора для проверки бортовой кабельной сети в неработоспособное состояние.

В свою очередь:

$$Y_{ПП} = y_{ПП}^1 \wedge y_{ПП}^2; \quad (8)$$

$$Y_{И} = y_{И}^1 \wedge y_{И}^2, \quad (9)$$

где индексами  $y^1$  обозначены переходы соответствующих элементов системы в неработоспособное состояние, индексами  $y^2$  – невозможность восстановления работоспособного состояния.

Логическая функция ДПС кабельной сети будет иметь вид

$$X_{К} = Y_{ШС} \vee Y_{К}, \quad (10)$$

где  $Y_{ШС}$  – переход штепсельных разъемов в неработоспособное состояние;  $Y_{К}$  – переход кабелей в неработоспособное состояние;

В свою очередь:

$$Y_{ШС} = \bigvee_{i \in 1, n} (y_{ШС_i}^1 \wedge y_{ШС_i}^2); \quad (11)$$

$$Y_{К} = \bigvee_{i \in 1, n} (y_{К_i}^1 \wedge y_{К_i}^2), \quad (12)$$

где индексами  $y^1$  обозначены переходы соответствующих элементов системы в неработоспособное состояние, индексами  $y^2$  – невозможность восстановления работоспособного состояния.

После объединения выражений (1)–(12) получим

$$\begin{aligned} \text{ДПС} = & (y_{БЗГ}^1 \wedge y_{БЗГ}^2) \vee (y_{БЗО}^1 \wedge y_{БЗО}^2) \vee (y_{БК}^1 \wedge y_{БК}^2) \vee \\ & \vee (x_{ПК}^1 \wedge x_{ПК}^2) \vee (y_{ПП}^1 \wedge y_{ПП}^2) \vee (y_{И}^1 \wedge y_{И}^2) \vee \\ & \bigvee_{i \in 1, n} (y_{ШС_i}^1 \wedge y_{ШС_i}^2) \bigvee_{i \in 1, n} (y_{К_i}^1 \wedge y_{К_i}^2). \end{aligned}$$

Тогда НДПС = ¬ДПС будет определять логическую функцию недостижения предельного состояния системой [1]:

$$\text{НДПС} = \neg \left[ \begin{aligned} & (y_{БЗГ}^1 \wedge y_{БЗГ}^2) \vee (y_{БЗО}^1 \wedge y_{БЗО}^2) \vee (y_{БК}^1 \wedge y_{БК}^2) \vee \\ & \vee (x_{ПК}^1 \wedge x_{ПК}^2) \vee (y_{ПП}^1 \wedge y_{ПП}^2) \vee (y_{И}^1 \wedge y_{И}^2) \vee \\ & \bigvee_{i \in 1, n} (y_{ШС_i}^1 \wedge y_{ШС_i}^2) \bigvee_{i \in 1, n} (y_{К_i}^1 \wedge y_{К_i}^2) \end{aligned} \right].$$

Соответствующая вероятностная функция недостижения предельного состояния системой будет являться произведением вероятностей событий, противоположных событиям, которые в свою очередь являются бинарными конъюнкциями [2].

Вероятностная функция недостижения предельного состояния имеет вид [1]

$$\begin{aligned} P_{\text{НДПС}} = & (1 - p_{БЗГ}^1 p_{БЗГ}^2) (1 - p_{БЗО}^1 p_{БЗО}^2) (1 - p_{БК}^1 p_{БК}^2) \vee \\ & \vee (1 - p_{ПК}^1 p_{ПК}^2) (1 - p_{ПП}^1 p_{ПП}^2) (1 - p_{И}^1 p_{И}^2) \vee \\ & \vee \left( \prod_{i=1}^n (1 - p_{ШС_i}^1 p_{ШС_i}^2) \right) \left( \prod_{i=1}^n (1 - p_{К_i}^1 p_{К_i}^2) \right), \end{aligned}$$

где  $p_{\text{индекс}}^1$  – вероятность отказа узла, определенного индексом;  $p_{\text{индекс}}^2$  – вероятность невозможности восстановления работоспособного состояния узла указанного индекса.

### Результаты исследования и их обсуждение

При известных значениях вероятностей отказа конечных элементов дерева предельного состояния расчет вероятности безотказной работы системы не составляет труда. На основе статистических данных, полученных при эксплуатации системы, решается задача прогнозирования показателей надежности при выполнении работ по продлению назначенных показателей ресурса стартового комплекса, определяется перечень мероприятий, позволяющих обеспечить фактический ресурс системы не ниже требуемого согласно эксплуатационной и конструкторской документации.

По результатам определения рационального перечня мероприятий оформляется план мероприятий по обеспечению эксплуатации системы на продлеваемый период.

### Выводы

Результаты расчета надёжности системы контроля заправки могут быть использованы для дальнейшего расчета и прогнозирования вероятности безотказной работы системы на достаточно длительный период эксплуатации, что позволит прогнозировать эксплуатационные затраты на применение системы и свести к минимуму вероятность критических отказов как системы, так и стартового комплекса в целом.

### Список литературы

1. Миронов А.Н. Теоретические основы и методы многомодельного прогнозирования долговечности сложных военно-технических систем космического назначения. – М: РФ. 2000. – 429 с.: ил.

2. Миронов Е.А., Платонов С.А. Решение задачи идентификации математической модели объекта прогнозирования в условиях неопределенности // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=14029>.

3. Надежность в технике. Общие правила классификации отказов и предельных состояний. Методические указания. РД 50–699–90. – Введ. 1992–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 8 с.

4. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. ГОСТ 27.002–89. – Введ. 1990–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 38 с.

5. Надежность машин / В.В. Клюев [и др.], под общ. ред. В.В. Клюева. – 2003. – 592 с.: ил. – ISBN 5-217-02884-X (Т. IV-3).

6. Положение по продлению назначенных показателей ресурса (срока службы) объектов наземной космической инфраструктуры. В 5 кн. Кн. 3. Прогнозирование остаточного ресурса (срока службы) объектов наземной космической инфраструктуры: ППР-2010: утв. Федеральным космическим агентством 29.12. 2010. – М.: ФКА, 2010. – 73 с.

### References

1. Mironov A.N. Teoreticheskie osnovy i metody mnogo-modelnogo prognozirovaniya dolgovechnosti slozhnyh voenno-tehnicheskikh sistem kosmicheskogo naznacheniya. MO RF. 2000. 429 p.: il.

2. Mironov E.A., Platonov S.A. Reshenie zadachi identifikatsii matematicheskoy modeli obekta prognozirovaniya v usloviyah neopredelennosti // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. no. 4; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=14029>.

3. Nadezhnost v tehnikе. Obshhie pravila klassifikatsii otkazov i predelnyh sostojaniy. Metodicheskie ukazaniya. RD 50–699–90. Vved. 1992–01–01. M.: Izd-vo standartov, 1991. 8 p.

4. Nadezhnost v tehnikе. Osnovnye ponjatija. Termini i opredeleniya. GOST 27.002–89. Vved. 1990–07–01. M.: Izd-vo standartov, 1990. 38 p.

5. Nadezhnost mashin / V.V. Kljuev [i dr.], pod obshh. red. V.V. Kljueva. 2003. 592 p.: il. ISBN 5-217-02884-X (T. IV-3).

6. Polozhenie po prodleniju naznachennyh pokazatelej resursa (sroka sluzhby) ob#ektov nazemnoj kosmicheskoy infrastruktury. V 5 kn. Kn. 3. Prognozirovanie ostatochnogo resursa (sroka sluzhby) ob#ektov nazemnoj kosmicheskoy infrastruktury: PPR-2010: utv. Federalnym kosmicheskim agentstvom 29.12. 2010. M.: FKA, 2010. 73 p.

УДК 004.932.2

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ АВТОМОБИЛЕЙ НА ФОНЕ СИЛЬНЫХ ШУМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

<sup>1</sup>Безуглов Д.А., <sup>2</sup>Юхнов В.И.

<sup>1</sup>*Ростовский филиал Российской таможенной академии,  
Ростов-на-Дону, e-mail: bezuglovda@mail.ru;*

<sup>2</sup>*СКФ Московского технического университета связи и информатики, Ростов-на-Дону*

Одной из главных и наиболее сложных задач теории распознавания образов является выделение контуров объектов на изображении. На сегодняшний день эта задача актуальна, в том числе, например, при идентификации автомобиля по регистрационному номерному знаку. Сложность этой задачи связана с наличием цифровых шумов на входных изображениях, полученных в процессе их регистрации, оцифровки, а также в результате воздействия различных факторов. Реально существующие в настоящее время программы идентификации номерных знаков автомобилей предъявляют очень жесткие требования к качеству получаемых изображений. При настройке источника видеосигнала должно быть обеспечено качество изображения, пригодное для последующего анализа: номерной знак должен иметь высокую четкость и контрастность, изображение должно иметь широкий динамический диапазон яркости и не должно содержать сильных шумов. Выполнение этих требований в реальных условиях не всегда возможно. Поэтому в сложных условиях наблюдения существующие системы оказываются неработоспособны. Предложенный метод обработки изображений позволяет эффективно идентифицировать номерные знаки автомобилей, искаженные шумом.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение, идентификация номерных знаков, вейвлет-дифференцирование, выделение контуров изображений

## IDENTIFICATION LICENSE PLATES OF CARS ON THE BACKGROUND OF STRONG NOISE USING WAVELET TRANSFORM

<sup>1</sup>Bezuglov D.A., <sup>2</sup>Yukhnov V.I.

<sup>1</sup>*Rostovsky branch of the Russian Customs Academy, Rostov-on-Don, e-mail: bezuglovda@mail.ru;*

<sup>2</sup>*SKF Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don*

One of the main and most difficult problems in the theory of pattern recognition is the selection of contours of objects in the image. Today this problem is topical, including, for example, when the vehicle identification by registration plate number. The complexity of this problem is associated with the presence of digital noise in the input images obtained in the process of their registration, digitization, and as a result of the impact of various factors. Actually, the currently existing program identify license plates of cars impose very stringent requirements on the quality of the images. When you configure a video source must be provided image quality suitable for further analysis: the number plate must have a high sharpness and contrast, the image must have a wide dynamic range of brightness and must not contain strong noise. These requirements in real conditions is not always possible. Therefore, in difficult observation conditions, the existing systems are inefficient. The proposed method of image processing allows to effectively identify license plates, distorted by noise.

**Keywords:** computer vision, license plate identification, wavelet differentiation, detecting contours of images

На сегодняшний день на рынке информационных технологий автоматизации обработки изображений широкую популярность получают системы машинного зрения. С помощью них можно решать широкий спектр задач, таких как создание систем распознавания печатных и рукописных текстов, биометрической идентификации, а также систем идентификации для перспективных информационных систем, например, используемых при наблюдении за охраняемыми объектами при осуществлении мероприятий, обеспечивающих собственную безопасность таможенных постов, при организации контроля над соблюдением режима зоны таможенного контроля, а также при обеспечении охраны объектов таможенной инфраструктуры.

Области применения цифровой обработки в настоящее время значительно расширяются, вытесняя аналоговые методы обработки сигналов и изображений. Методы цифровой обработки широко применяются в промышленности, искусстве, медицине, космосе. Они используются при автоматизации обнаружения и сопровождения объектов, распознавании образов, в таможенном деле. Отмеченное выше делает вполне очевидной актуальность проведения исследований существующих и создания новых методов цифровой обработки изображений, зарегистрированных на фоне шума

Как правило, анализ изображений делится на следующие этапы:

- фильтрация изображений;
- сегментация изображений;
- улучшение изображений.

Формирование изображений, улучшение качества и автоматизация обработки изображений, включая изображения, создаваемые электронными микроскопами, рентгеновскими аппаратами, томографами и т.д., являются предметом исследования и разработки. Сегодня в технике широко применяются системы формирования изображения, его преобразования в цифровую форму, визуализация и документирование путем введения в компьютер изображений с помощью специализированных устройств захвата видео.

В большинстве случаев процесс автоматической классификации проводится в три этапа:

1. Предварительная обработка, состоящая в максимальном приближении исследуемого изображения к эталонному или нормализованному. Чаще всего для изображений это пространственно-инвариантные операции, сдвиг, изменение яркости, изменение контраста, квантование и геометрические преобразования (изменение масштаба, поворот оси).

2. Выделение признаков, при которых функция, представляющая обработанное изображение, подвергается функциональному преобразованию, выделяющему ряд наиболее существенных признаков, которые кодируются действительными числами. Выделение признаков заключается в математических преобразованиях изображения, в зависимости от задачи анализа. Это может быть вычитание из эталона, вычитание постоянной составляющей для исключения мешающих теней, дифференцирование или автокорреляция для выделения контура, частотная фильтрация и многие другие.

3. Классификация признаков. Полученные в результате предыдущей операции наборы действительных чисел, описывающие выделенные признаки, сравниваются с эталонными числами, заложенными в память машины. ЭВМ на основании такого сравнения классифицирует изображение.

Одной из главных и наиболее сложных задач систем компьютерного зрения и теории распознавания образов является выделение контуров объектов на изображении. На сегодняшний день эта задача актуальна, в том числе, например, при решении проблемы идентификации автомобиля по регистрационному номерному знаку. Сложность этой задачи связана с наличием цифровых шумов на входных изображениях, полученных в процессе их регистрации, оцифровки, а также в результате воздействия раз-

личных факторов. Изображения в процессе формирования их изображающими системами обычно подвергаются воздействию различных случайных помех или шумов. Наиболее распространенным видом помех является случайный аддитивный шум, статистически независимый от сигнала.

Задачу идентификации автомобильного номера можно условно разделить на следующие подзадачи:

– подготовка исходного изображения – предварительная обработка исходного изображения, содержащего государственный регистрационный автомобильный номер, применение к изображению различных фильтров с целью улучшения качества для последующей локализации номерной пластины;

– локализация номерной пластины – получение координат номерной пластины на исходном изображении;

– сегментация и распознавание символов, принадлежащих номерной пластине – в результате процесса сегментации на локализованной номерной пластине отделяются символы номера от общего фона, после чего происходит процесс их идентификации выбранным методом распознавания.

Реально существующие в настоящее время программы идентификации номерных знаков автомобилей предъявляют очень жесткие требования к качеству получаемых изображений, номер автомобиля должен размещаться в кадре целиком, угол вертикального наклона видеокamеры – не более 35–40°, угол наклона вглубь – не более 30°. Изображения должны быть четкими и не размытыми, размер символов для надежного распознавания должен быть не менее 14 пикселей в высоту. При настройке источника видеосигнала должно быть обеспечено качество изображения, пригодное для последующего анализа: номерной знак должен иметь высокую четкость и контрастность, изображение должно иметь широкий динамический диапазон яркости и не должно содержать сильных шумов. Выполнение этих требований в реальных условиях не всегда возможно. Поэтому в сложных условиях наблюдения существующие системы оказываются неработоспособны,

*Таким образом, научная задача разработки высокоэффективных алгоритмов идентификации номерных знаков на фоне сильных шумов в настоящее время не решена в достаточной мере и является актуальной.*

Задаче идентификации номерного знака предшествует операция выделения контуров. Решение задачи выделения контуров

используется в промышленности при создании систем анализа изображений в сложных условиях наблюдения, при воздействии различных мешающих факторов, усложняющих процесс регистрации изображения и при отсутствии априорных сведений о виде фоновых шумов. Это значит, что методы и алгоритмы обработки информации с датчиков изображения должны учитывать наличие шумов различной природы, связанных с регистрацией изображений и сигналов в реальных системах.

При этом известные в настоящее время алгоритмы решения таких задач предполагают предварительную фильтрацию изображений, а затем решение задачи выделения контуров. При построении методов и алгоритмов фильтрации изображений требуется априорное знание характеристик искажающих помех. На практике в большинстве случаев такая информация отсутствует или является приближенной.

По своему характеру все операторы подчеркивания контуров являются различными модификациями дифференцирования двумерного поля по различным направлениям области определения [1, 2]. Как известно, при дифференцировании в самом деле в окрестности перепада функции яркости

образуется пик, способствующий регистрации этой области. Однако также хорошо известно, что при дифференцировании сигналов с помехами происходит существенное усиление последних, что снижает отношение сигнал/шум и негативно отражается на получаемых результатах. Известные методы выделения контуров изображений, основанные на эвристических подходах и методах последовательного численного дифференцирования локальных областей изображения с помощью различных масок, как правило, не работоспособны в условиях сильных шумов.

Для решения проблемы влияния шумов на результат выделения контуров в данной работе рассматривается метод прямого и обратного вейвлет-дифференцирования. Предлагаемый подход заключается в аналитическом дифференцировании элементов изображения предложенным способом [4, 5, 6, 8]. В работе показано преимущество представленного метода по сравнению с известными на примере анализа серии различных изображений.

Модуль градиента интенсивности исследуемого изображения  $S(i, j)$  в терминах вейвлет-преобразования запишется в следующем виде:

$$G(S(i, j)) = \left( \left( C_{\psi} \sum_{m=1}^{NK} \sum_{n=0}^{N-1} CTWSS(m, n, i) \frac{\partial \varphi_{m,n}(x_j)}{\partial x} \right)^2 + \left( C_{\psi} \sum_{m=1}^{NK} \sum_{n=0}^{N-1} CTWSS(m, n, i) \frac{\partial \varphi_{m,n}(y_i)}{\partial y} \right)^2 \right)^{1/2}. \quad (1)$$

Изображения в процессе формирования их изображающими системами обычно подвергаются воздействию различных случайных помех или шумов [7, 8, 9]. В качестве критериев качества в работе использованы следующие.

1. Среднеквадратическое отклонение  $e_{\text{сکو}}$ :

$$e_{\text{сکو}} = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (MT_{ij} - \widehat{MK}_{ij})^2}, \quad (2)$$

где  $M, N$  – размерность матрицы изображения.

В качестве тестового изображения  $MT$  использовалось изображение контуров, полученное из незашумленного исследуемого изображения  $S$  детектором границ *Canny*. В дальнейшем на исходное изображение  $S$  накладывался аддитивный гауссовский шум и проводилось определение контуров предложенным методом вейвлет-дифференцирования и известным методом Собеля. При этом были получены изображения  $\widehat{MK}$ .

2. Отношение пиковый сигнал/шум  $SNR1$ :

$$\mu = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (\widehat{MK}_{ij}); \quad SNR1 = \frac{255 - \mu}{\sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (\widehat{MK}_{ij} - \mu)^2}}, \quad (3)$$

где  $\mu$  – среднее значение  $\widehat{MK}_{ij}$ .

3. Отношение пиковый сигнал/шум  $SNR2$  (с использованием в расчетах СКО фона):

$$\sigma_{\text{фон}} = \sqrt{\frac{1}{(N_{\text{фон}})^2} \sum_{i=n_1}^{n_1+N_{\text{фон}}} \sum_{j=m_1}^{m_1+N_{\text{фон}}} (\widehat{MK}_{ij} - \mu_{\text{фон}})^2}, \quad (4)$$

где  $\sigma_{\text{фон}}$  – СКО фона;

$$\mu_{\text{фон}} = \frac{1}{(N_{\text{фон}})^2} \sum_{i=n_1}^{n_1+N_{\text{фон}}} \sum_{j=m_1}^{m_1+N_{\text{фон}}} (\widehat{MK}_{ij}) - \text{среднее}$$

значение фона;  $n_1, m_1$  – координаты выбранной площадки фона размером  $N_{\text{фон}} \times N_{\text{фон}}$  на исследуемом изображении  $\widehat{MK}$ ,

$$SNR2 = \frac{255 - \mu}{\sigma_{\text{фон}}}. \quad (5)$$

Используя три критерия, в дальнейшем можно будет более адекватно оценить эффективность предложенных алгоритмов по сравнению с известными.

Рассмотрим подробнее алгоритмы вейвлет-дифференцирования с использованием

ем вейвлетов МНАТ, DOG и WAVE, полученные на основе разработанного ранее метода вейвлет-дифференцирования [3, 4, 5, 6]. В данном случае свойства вейвлет-преобразования позволяют отказаться от применения различных масок, то есть, по сути, отказаться от малоэффективных методов численного дифференцирования. Суть предлагаемого вейвлет-дифференцирования состоит в том, что исходное изображение сначала представляют в виде строк и столбцов. Затем вычисляют прямое вейвлет-преобразование строк и столбцов цифрового изображения, а затем формируют две матрицы и компонент градиента яркости в каждой точке изображения путем обратного вейвлет-преобразования, в котором в качестве ядра преобразования используют аналитические функции, описывающие производные используемых вейвлетов обратного преобразования по соответствующим координатам. В общем виде производные строки и столбца изображений могут быть записаны следующим образом:

$$\frac{\partial S(j)_i}{\partial x} = S1(j)_i = C_{\psi} \sum_{m=1}^{NK} \sum_{n=0}^{N-1} CTWSS(m, n, i) \frac{\partial \varphi(x_j)}{x}; \quad (6)$$

$$\frac{\partial S(i)_j}{\partial y} = S1(i)_j = C_{\psi} \sum_{m=1}^{NK} \sum_{n=0}^{N-1} CTWSC(m, n, j) \frac{\partial \varphi(y_i)}{dy}, \quad i = 0 \dots N, j = 0 \dots N, \quad (7)$$

где  $CTWSS(m, n, i)$  и  $CTWSC(m, n, j)$  соответственно коэффициенты прямого дискретного вейвлет-преобразования по строкам и столбцам матрицы изображения  $S(i, j)$ ;  $C_{\psi}$  – постоянная зависящая от вида базисной вейвлет-функции [3, 4];  $\varphi(x)$ ,  $\varphi(y)$  – функции вейвлет-преобразования.

В дискретном виде коэффициенты прямого дискретного вейвлет-преобразования по строкам и столбцам матрицы изображения  $S(i, j)$  запишутся в следующем виде:

$$CTWSS(m, n, i) = \sum_{j=0}^{N-1} \varphi_{m,n}(x_j) S(i, j); \quad (8)$$

$$CTWSC(m, n, j) = \sum_{i=0}^{N-1} \varphi_{m,n}(y_i) S(i, j). \quad (9)$$

Тогда выражение для квадрата градиента матрицы  $S(i, j)$  будет иметь следующий вид:

$$\left( \frac{\partial S(j)_i}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial S(i)_j}{\partial y} \right)^2 = \left( C_{\psi} \sum_{m=1}^{NK} \sum_{n=0}^{N-1} CTWSS(m, n, i) \frac{\partial \varphi_{m,n}(x_j)}{\partial x} \right)^2 + \left( C_{\psi} \sum_{m=1}^{NK} \sum_{n=0}^{N-1} CTWSC(m, n, j) \frac{\partial \varphi_{m,n}(y_i)}{\partial y} \right)^2 = (S1(j)_i)^2 + (S1(i)_j)^2, \quad i = 0 \dots N, j = 0 \dots N. \quad (10)$$

Модуль градиента интенсивности исследуемого изображения  $S(i, j)$  в терминах вейвлет-преобразования запишется в виде (1).

В качестве одного из наборов тестовых изображений использовалась фотография номера автомобиля размером  $512 \times 512$ . Порядок проведения вычислительного эксперимента был следующим [7, 8, 9, 11, 12]. Исходное восьмибитное изображение размером  $512 \times 512$ , подвергалось воздействию аддитивного гауссовского шума с СКО  $\sigma = 5, 20, 30, 40, 50$ . Затем изображение было обработано детектором границ Собеля и с использованием вейвлет-преобразований [7, 8, 9, 10]. Результаты экспериментов приведены в сводной таблице.

Результаты вычислительных экспериментов

	СКО формирующего шума				
	5,00	20,00	30,00	40,00	50,00
СКО исходного изображения, $e_{\text{ско}}$	10,33	31,37	39,98	46,22	50,77
Алгоритмы	Выигрыш по СКО $e_{\text{ско}}$ в децибелах				
Вейвлет DOG	3,14	3,49	3,70	4,22	3,96
Вейвлет WAVE	2,81	3,16	3,39	3,96	3,70
Вейвлет МНАТ	2,99	3,21	3,37	4,00	3,57
Отношение пиковый сигнал/шум, SNR1 исходного изображения	1,92	2,63	3,05	3,37	3,63
Алгоритмы	Выигрыш по отношению пиковый сигнал/шум, SNR1				
Вейвлет DOG	5,16	4,83	4,89	5,01	5,11
Вейвлет WAVE	5,20	4,80	4,80	4,89	4,97
Вейвлет МНАТ	5,34	4,91	4,93	5,00	5,06
Отношение пиковый сигнал/шум, по СКО фона исходного изображения, SNR2	8,11	5,94	5,40	5,07	4,89
Алгоритмы	Выигрыш по отношению пиковый сигнал/шум, по СКО фона, SNR2				
Вейвлет DOG	9,64	7,51	7,10	6,91	6,81
Вейвлет WAVE	8,86	7,63	7,32	7,20	7,14
Вейвлет МНАТ	9,59	7,16	6,66	6,43	6,30

**Выводы**

Анализ результатов математического моделирования позволяет сделать следующие выводы. Предложенный метод обработки изображений позволяет эффективно идентифицировать номерные знаки автомобилей, искаженные шумом. Разработанный новый метод и алгоритмы вейвлет-дифференцирования изображений на фоне шума с использованием дискретного вейвлет-преобразования позволяют повысить отношение пиковый сигнал – шум на 4,8–9,6 дБ и в 3–4 раза уменьшить среднеквадратическое отклонение ошибки.

**Список литературы**

1. Безуглов Д.А. Оценка эффективности градиентного алгоритма стохастической аппроксимации в условиях воздействия шумов // Автоматика и вычислительная техника. – 1996. – № 4. – С. 15–23.  
 2. Безуглов Д.А. Кумулянтный метод оценки эффективности сегментированного зеркала адаптивной оптической системы // Оптика атмосферы и океана. – 1996. – № 1. – С. 78.

3. Безуглов Д.А., Рытиков С.Ю. Дифференцирование сигнала на фоне шума с применением максимально-правдоподобной оценки // Физические основы приборостроения. – 2012. – Т. 1. – № 3 (4). – С. 26–32.  
 4. Безуглов Д.А., Рытиков С.Ю., Швидченко С.А., Гаврин М.С., Гаврин Д.С. Выделение контуров изображений в информационных и управляющих системах с использованием метода вейвлет-преобразования // Нелинейный мир. – № 11 – 2012. – С. 846–852.  
 5. Безуглов Д.А., Рытиков С.Ю., Швидченко С.А. Метод вейвлет-дифференцирования в задаче выделения контуров // Успехи современной радиоэлектроники. – 2012. – № 6. – С. 52–57.  
 6. Безуглов Д.А., Скляров А.В., Забродин Р.А., Решетникова И.В. Алгоритмы оценивания негауссовских процессов на основе математического аппарата сглаживающих В-сплайнов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2005. – № 4. – С. 99–106.  
 7. Безуглов Д.А., Скляров А.В., Забродин Р.А., Решетникова И.В. Субоптимальный алгоритм оценивания на основе аппарата сглаживающих В-сплайнов // Измерительная техника. – 2006. – № 10. – С. 14–17.  
 8. Безуглов Д.А., Цугурия Н.О. Дифференцирование результатов измерений сглаживающими кубическими В-сплайнами // Современные информационные технологии. – 2005. – № 1 (1). – С. 73–78.  
 9. Безуглов Д.А., Швидченко С.А. Информационная технология вейвлет-дифференцирования результатов

измерений на фоне шума // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2011. – № 6 (84). – С. 42–45.

10. Швидченко С.А., Безуглов Д.А., Рытиков С.Ю., Решетникова И.В. Выделение контуров изображений с использованием метода вейвлет-дифференцирования. Часть 2 // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – 2012. – № 1. – С. 37–40.

11. Швидченко С.А., Безуглов Д.А., Рытиков С.Ю., Решетникова И.В. Выделение контуров изображений с использованием метода вейвлет-дифференцирования. Часть 1 // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – 2012. – № 1. – С. 33–36.

12. Швидченко С.В., Безуглов Д.А. Синтез алгоритмов дискретного вейвлет-анализа фрагментов изображений в условиях априорной неопределенности на случайном фоне // Успехи современной радиоэлектроники. – 2013. – № 5. – С. 031–038.

### References

1. Bezuglov D.A. Avtomatika i vychislitel'naja tehnika, 1996, no 4, pp. 15–23.

2. Bezuglov D.A. Optika atmosfery i okeana. 1996. no 1. pp. 78.

3. Bezuglov D.A., Rytikov S.Ju. Fizicheskie osnovy priborostroenija, 2012, T. 1, no. 3 (4), pp. 26–32.

4. Bezuglov D.A., Rytikov S.Ju., Shvidchenko S.A., Gavrin M.S., Gavrin D.S. Nelinejnyj mir, 2012, no. 11, pp. 846–852.

5. Bezuglov D.A., Rytikov S.Ju., Shvidchenko S.A. Uspehi sovremennoj radiojelektroniki, 2012, no 6, pp. 52–57.

6. Bezuglov D.A., Skljarov A.V., Zabrodin R.A., Reshetnikova I.V. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Estestvennye nauki. 2005, no. 4, pp. 99–106.

7. Bezuglov D.A., Skljarov A.V., Zabrodin R.A., Reshetnikova I.V. Izmeritel'naja tehnika, 2006, no. 10, pp. 14–17.

8. Bezuglov D.A., Cugurjan N.O. Sovremennye informacionnye tehnologii, 2005, no. 1 (1), pp. 73–78.

9. Bezuglov D.A., Shvidchenko S.A. Vestnik kompjuternyh i informacionnyh tehnologij, 2011, no 6 (84), pp. 42–45.

10. Shvidchenko S.A., Bezuglov D.A., Rytikov S.Ju., Reshetnikova I.V. Trudy Severo-Kavkazskogo filiala Moskovskogo tehničeskogo universiteta svjazi i informatiki, 2012, no 1, pp. 37–40.

11. Shvidchenko S.A., Bezuglov D.A., Rytikov S.Ju., Reshetnikova I.V. Trudy Severo-Kavkazskogo filiala Moskovskogo tehničeskogo universiteta svjazi i informatiki, 2012, no. 1, pp. 33–36.

12. Shvidchenko S.V., Bezuglov D.A. Uspehi sovremennoj radiojelektroniki, 2013, no. 5, pp. 031–038.

УДК 519.872.7

## СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ СТРАХОВОЙ КОМПАНИЕЙ ПРИ ОЦЕНКЕ РЕЗЕРВА ПРОИЗОШЕДШИХ, НО НЕЗАЯВЛЕННЫХ УБЫТКОВ

Бутов А.А., Галимов Л.А.

ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», Ульяновск, e-mail: lin8773@yandex.ru

В настоящей статье приведена стохастическая имитационная модель поиска оптимальной величины резерва произошедших, но незаявленных страховых убытков в терминах систем массового обслуживания. Представлена математическая модель оптимального управления системой массового обслуживания с заданием функционала потерь в семимартингалных терминах. Представлены графики оптимального значения резерва произошедших, но незаявленных страховых убытков на примере статистических данных компании для страхования средств наземного и воздушного транспорта. Имитационное моделирование проводилось в программной среде высокого уровня Microsoft Visual Studio на языке C#, оценки функций распределения числа и размера страховых убытков – в среде Statistica. Настоящая имитационная модель может найти применение при определении оптимальной величины резерва произошедших, но незаявленных страховых убытков для прогнозирования финансово-экономической деятельности страховой компании.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, одноканальная система массового обслуживания, оптимальное управление, резерв произошедших, но незаявленных убытков

## OPERATING DECISION SYSTEM BY INSURANCE COMPANY IN ESTIMATION OF INCURRED, BUT NOT REPORTED CLAIMS

Butov A.A., Galimov L.A.

International Relations Department Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, e-mail: lin8773@yandex.ru

The article describes a stochastic search model of value incurred, but not reported claims in terms queueing systems. A mathematical model of optimal control queueing systems for a given losses functional is presented. The graphs of optimal incurred, but not reported claims value as an example of statistics insurance company for car and aircraft insurance are presented. A calculation carried out in high-level programming language C#. Distribution function estimates of count and size claims were built in Statistica. This model can be used in estimating of IBNR for financial planning of activities insurance company.

**Keyword:** simulation, single-channel queueing system, optimal control, reserve of incurred but not reported claims

Для исполнения страховой компанией обязательств перед клиентами в соответствии с [4, 6] страховщик наряду с резервом незаработанной премии, резервом заявленных, но неурегулированных убытков, стабилизационным резервом формирует резерв произошедших, но незаявленных страховых убытков (далее – РПНУ).

В страховой деятельности РПНУ является источником средств для оплаты требований клиентов, которые будут предъявлены ими в связи с уже произошедшими страховыми случаями и оказывает влияние на налогооблагаемую базу, тарифную политику, платежеспособность, финансовую устойчивость, страховую убыточность и т.п. В связи с этим правильность и точность оценки РПНУ является существенным для страховщика. С одной стороны, заниженная оценка может привести к нехватке средств на страховые выплаты и, следовательно, неплатежеспособности страховой компании, с другой, завышенная оценка требует адекватного размера актива в покрытие резерва [5, 6] и, следовательно, влияет на прибыль

страховщика. Таким образом, для страховой компании возникает оптимизационная задача нахождения такого значения РПНУ, при котором общий риск потери дохода, связанный с его формированием, будет минимальным.

В настоящей работе представлена стохастическая имитационная модель поиска оптимальной величины РПНУ страховой компанией, описанная в терминах систем массового обслуживания с построением функционала потерь  $\Phi(T, I_{\max})$ . В качестве практического применения модели найдены оптимальные значения РПНУ для страхования средств наземного транспорта и страхования средств воздушного транспорта на примере статистических данных страховой компании.

### Постановка задачи

Рассмотрим стохастическую имитационную модель оценки резерва произошедших, но незаявленных страховых убытков в виде одноканальной системы массового обслуживания, представленную в статье [1] с отказами.

Пусть на стохастическом базисе  $B(\Omega, \mathcal{F}, F = (\mathcal{F}_t)_{t \geq 0}, P)$  заданы  $(A_t)_{t \geq 0}$  – точечный считающий процесс числа произошедших убытков в момент времени  $t \geq 0$ ;  $(D_t)_{t \geq 0}$  – точечный считающий процесс числа заявленных, но неурегулированных убытков;  $(Q_t)_{t \geq 0}$  – количество произошедших, но незаявленных убытков. При этом  $A_t, D_t$  являются пуассоновскими процессами с компенсаторами

$$\tilde{A} = \int_0^t \lambda ds \text{ и } \tilde{D}_t = \int_0^t I(Q_s \geq 0) \cdot \delta ds,$$

где  $\lambda > 0$  – интенсивность входящего потока;  $\delta > 0$  – интенсивность обслуживания. Пусть заявка, пришедшая в момент времени  $t$ , в случае, если на обслуживающем устройстве длина очереди превышает значение  $Q_{\max}$ , покидает систему и в дальнейшем в процессе обслуживания не участвует (рис. 1). Для этого введем точечный считающий процесс  $(R_t)_{t \geq 0}$ , обозначающий количество заявок, покинувших систему к моменту времени  $t$  в случае выполнения условия  $Q_s \geq Q_{\max}$ . Тогда

$$R_t = \int_0^t I(Q_s \geq Q_{\max}) dA_s, \quad (1)$$

где  $I\{\cdot\}$  – индикаторная функция.

Взаимосвязь процессов  $A_t, D_t, Q_t, R_t$  представлена в виде системы массового обслуживания (рис. 1), в которой роль заявок играют произошедшие страховые случаи, входящий и выходящий потоки характеризуются процессами  $A_t, D_t$  соответственно; длина очереди в момент времени  $t$  характеризуется процессом  $Q_t$ , а количество отказов в обслуживании – процессом  $R_t$ . Общее балансовое уравнение СМО для определения длины очереди  $Q_t$  (рис. 2–3) на обслуживающем устройстве может быть записано в виде

$$Q_t = Q_0 + A_t - D_t - R_t, \quad (2)$$

где  $Q_0$  – количество заявок на приборе в момент времени  $t = 0$ ,  $A_0, D_0, R_0 = 0$ .

Пусть  $\eta_k > 0$  – размер страхового возмещения  $k$ -й заявки, отказанной в обслуживании – есть случайная величина с функцией распределения  $F(\eta_k \leq x)$ , где  $k \in \mathbb{N}$ . Тогда суммарная величина страховых убытков (в у.е.), отказанных в обслуживании, может быть записана в следующем виде:

$$S_t = \int_0^t \eta_{(1+A_s - I\{Q_s \geq I_{\max}\})} dR_s, \quad (3)$$

где  $I_{\max}$  – предельно допустимый размер РПНУ соответствующего вида страхования.

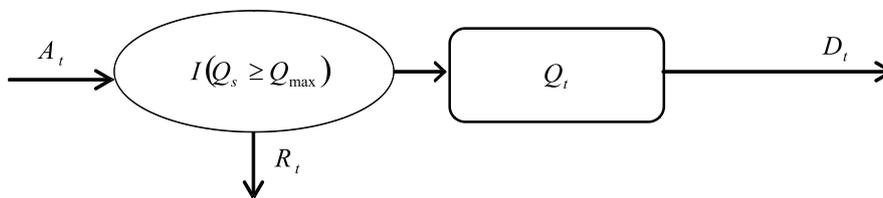


Рис. 1. Общая схема работы СМО



Рис. 2. Пример имитационного моделирования количества произошедших, но незаявленных страховых случаев (процесс  $Q_t$ ) за время  $T = 40$  месяцев для страхования средств наземного транспорта,  $\lambda = 0,1420$ ,  $\delta = 0,0925$

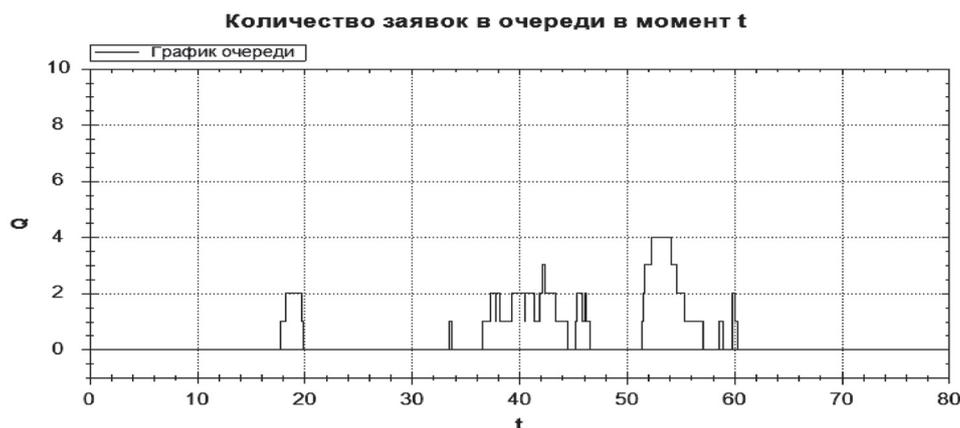


Рис. 3. Пример имитационного моделирования количества произошедших, но незаявленных страховых случаев (процесс  $Qt$ ) за время  $T = 60$  месяцев для страхования средств воздушного транспорта,  $\lambda = 1,83$ ,  $\delta = 0,80$

Тогда балансовое уравнение величины РПНУ запишется в виде:

$$I_t = \int_0^t \eta_{(1+A_s)} \cdot dA_s - \int_0^t \eta_{(1+A_s \cdot I \{I_s < I_{max}\})} dD_s - \int_0^t \eta_{(1+A_s \cdot I \{I_s \geq I_{max}\})} dR_s. \quad (4)$$

При рассмотрении задачи об оптимальном управлении определим функционал потерь:

$$\Phi(T, I_{max}) = l \cdot ES_T + \frac{1}{T} \cdot h \cdot \int_0^T I_t dt, \quad (5)$$

где слагаемое  $\frac{1}{T} \cdot h \cdot \int_0^T I_t dt$  можно интерпретировать как зарезервированную сумму денежных средств страховой компанией под произошедшие, но незаявленные страховые выплаты, а слагаемое  $ES_T$  – незарезервированная сумма денежных средств под произошедшие, но незаявленные клиентом страховые выплаты.

Отсюда возникает задача достаточно сложного компромисса: с одной стороны увеличение слагаемого  $ES_T$  (при  $I_{max} \rightarrow 0$ ) ведет к неисполнению обязательств страховой компанией перед клиентами и, следовательно, ведет к увеличению риска разорения страховой компании. С другой стороны, завышение значения РПНУ (при  $I_{max} \rightarrow \infty$ ) оказывает влияние на прибыль страховщика (потерю дохода) и, следовательно, ведет к возникновению дополнительных рисков для его финансовой устойчивости [4]. Коэффициенты  $l, h > 0$  в выражении (4) характеризуют степень риска потери дохода, разорения страховой компании и определяются экспертно.

Таким образом, в задаче необходимо определить управляемое значение  $I_{max}$  – оп-

тимальное значение величины РПНУ, при котором общий риск потери дохода, связанный со страховой деятельностью, при установленных значениях  $l, h > 0$  является минимальным. Следовательно, необходимо решить задачу оптимального управления в форме

$$\Phi(T, I_{max}) \rightarrow \min_{I_{max} \geq 0}. \quad (6)$$

### Эксперимент, результаты моделирования

Построим численное решение задачи (5)–(6) для модели СМО (1)–(2) при фиксированном значении  $\lambda > 0, \delta > 0$  с заданной функцией распределения размера страхового возмещения  $F(\eta \leq x)$ . В статье [1] было установлено, что для страхования средств наземного транспорта  $\lambda = 0,1420, \delta = 0,0925$ , функция распределения размера страхового возмещения  $\eta$  (в  $10^4$  тыс. руб.) имеет логнормальное распределение с параметрами  $\mu = 3,5016, \sigma^2 = 0,93$ . Для страхования средств воздушного транспорта  $\lambda = 1,83, \delta = 0,80$ , функция распределения размера страхового возмещения  $\eta$  имеет логнормальное распределение с параметрами  $\mu = 0,6635, \sigma^2 = 1,5842$  (в  $10^5$  у.е.).

Для каждой точки  $0, \Delta, 2 \cdot \Delta, \dots, n \cdot \Delta$ , где  $n \in N^0 = \{0, 1, 2, \dots, N\}$ ,  $\Delta$  – дискретность шага, рассчитаем значение функционала (4) (рис. 1, 2).

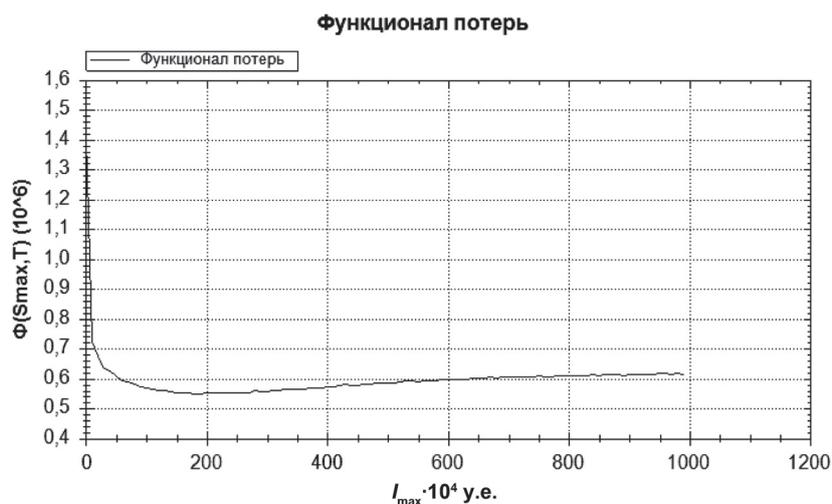


Рис. 4. График  $\Phi(S_{\max}, T)$  для КАСКО АМ,  $T = 1000$ ,  $\Delta = 10$  тыс. руб.,  
 $\lambda = 0,1420$ ,  $\delta = 0,0925$ ,  $\eta - \log \text{Normal}(3,65016; 0,93)$ ,  $l = 1$ ,  $h = 1$

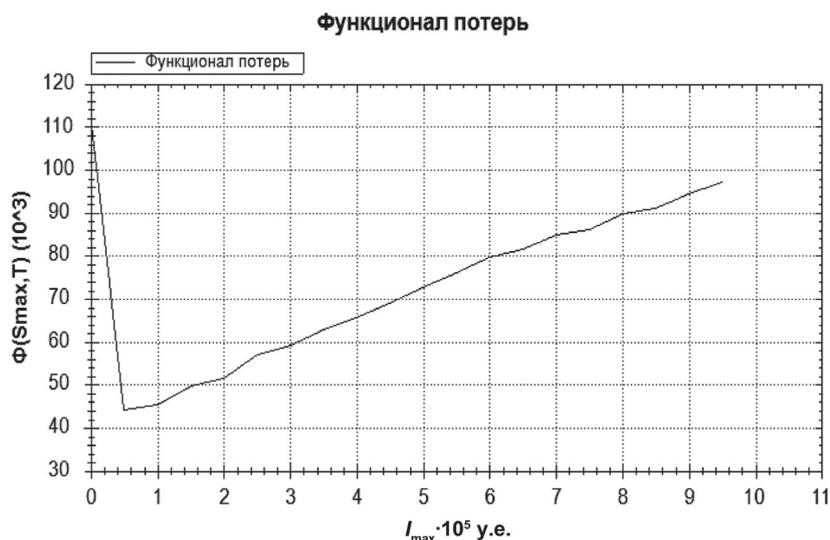


Рис. 5. График  $\Phi(S_{\max}, T)$  для КАСКО ВС,  $T = 1000$ ,  $\Delta = 50$  тыс. у.е.,  
 $\lambda = 1,83$ ,  $\delta = 0,80$ ,  $l = 1$ ,  $h = 2$

### Заключение

Таким образом, была рассмотрена модель поиска оптимального значения резерва произошедших, но незаявленных убытков в семимартингальных терминах систем массового обслуживания. При заданных величинах  $\lambda$ ,  $\delta$  и функции распределения размера страхового возмещения  $F(\eta \leq x)$ , рассчитываемых статистически, и  $l$ ,  $h$ , определяемых экспертно, найден

оптимальный размер РПНУ для страхования средств наземного и воздушного транспорта (рис. 4–5).

Вышеуказанная модель может быть использована как альтернативный метод модели расчета РПНУ при составлении финансовой отчетности страховой компании, при выборе оптимальной стратегии резервирования при финансовом планировании страховой деятельности и т.п.

**Список литературы**

1. Бутов А.А., Галимов Л.А., Стохастическая имитационная модель оценки резерва произошедших, но незаявленных страховых убытков терминах СМО // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 8–2. – С. 234–238.
2. Бутов А.А., Раводин К.О. Теория случайных процессов: учебно-методическое пособие. – Ульяновск: УлГУ, 2009. – 62 с.
3. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Изд-во «Наука», 1966. – 432 с.
4. Приказ Министерства Финансов Российской Федерации от 11 июня 2002 г. № 51н «Об утверждении правил формирования страховых резервов по страхованию иному, чем страхование жизни». – URL: <http://base.garant.ru/12127460/> (дата обращения: 13.09.2016).
5. Указание Банка России от 16.11.2014 г. № 3444-У «О порядке инвестирования средств страховых резервов и перечне разрешенных для инвестирования активов». – URL: <http://www.cbr.ru/finmarkets/files/legislation/3444-U.pdf> (дата обращения 13.09.2016).
6. Федеральный закон № 4015-1 от 27 ноября 1992 г. № 4015-1 (ред. от 23.05.2016) «Об организации страхового дела в Российской Федерации». – URL: <http://base.garant.ru/10100758/1/> (дата обращения: 13.09.2016).

**References**

1. Butov A.A., Galimov L.A., Stokhasticheskaya imitacionnaya model ocenki rezerva proizoshedshih, no nezayavlennyh strahovyh ubytkov terminah SMO // *Fundamentalnye issledovaniya*. 2016. no. 8–2. pp. 234–238.
2. Butov A.A., Ravodin K.O. Teoriya sluchajnyh processov: uchebno-metodicheskoe posobie. Ulyanovsk: UIGU, 2009. 62 p.
3. Gnedenko B.V., Kovalenko I.N. Vvedenie v teoriyu massovogo obsluzhivaniya, Izdatelstvo «Nauka», M., 1966. 432 p.
4. Prikaz Ministerstva Finansov Rossijskoj Federacii ot 11 iyunya 2002. no. 51n «Ob utverzhdenii pravil formirovaniya strahovyh rezervov po strahovaniyu inomu, chem strahovanie zhizni» URL: [http://base.garant.ru/12127460/\(data obrashcheniya: 13.09.2016\)](http://base.garant.ru/12127460/(data obrashcheniya: 13.09.2016)).
5. Ukazanie Banka Rossii ot 16.11.2014 g. no. 3444-U «O poryadke investirovaniya sredstv strahovyh rezervov i perechne razreshennyh dlya investirovaniya aktivov» URL: <http://www.cbr.ru/finmarkets/files/legislation/3444-U.pdf> (data obrashcheniya 13.09.2016).
6. Federalnyj zakon no. 4015-1 ot 27 noyabrya 1992. no. 4015-1 (red. ot 23.05.2016) «Ob organizacii strahovogo dela v Rossijskoj Federacii» URL: <http://base.garant.ru/10100758/1/> (data obrashcheniya: 13.09.2016).

УДК 66.040.2

## ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО СПЕКАНИЯ В ФОРВАКУУМЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ С ОКСИДНЫМИ ДОБАВКАМИ

<sup>1</sup>Двилис Э.С., <sup>2</sup>Бурдовицин В.А., <sup>1</sup>Хасанов А.О., <sup>2</sup>Окс Е.М.,

<sup>2</sup>Климов А.С., <sup>2</sup>Зенин А.А., <sup>1</sup>Хасанов О.Л.

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Томск, e-mail: khasanov@tpu.ru;*

<sup>2</sup>*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,  
Томск, e-mail: burdov@fet.tusur.ru*

На основе комплексного анализа экспериментальных результатов электронно-лучевого спекания (ЭЛС) керамического материала на основе SiC с добавками оксидов иттрия и алюминия показано, что потеря массы материала, возрастающая при повышении мощности электронного пучка, обусловлена локально рассредоточенным перегревом микрообластей керамики до температур в диапазоне от 2000 до 2730 °С. Перегрев сопровождается рядом последовательно протекающих процессов: химических и фазовых превращений, сублимации, плавления и испарения компонентов и соединений, однако процессы окисления основного материала (SiC) существенного влияния на потерю массы не оказывают. В объёме спекаемого материала между порами, образованными в ходе указанных процессов, наблюдается формирование плотной зёрновой структуры с совершенными границами. Такие особенности локального тепловыделения указывают на необходимость достоверного контроля температуры при оптимизации режимов и условий ЭЛС керамики на основе SiC. Для достижения высокоплотного состояния керамики, консолидируемой методом ЭЛС, необходимо минимизировать свободную поверхность спекаемых образцов, что обеспечивается на стадии предварительного прессования.

**Ключевые слова:** карбид кремния, электронно-лучевое спекание, форвакуум, плазменный электронный источник

## THE PECULIARITIES OF ELECTRON BEAM FOREVACUUM SINTERING OF CERAMIC MATERIALS BASED ON SILICON CARBIDE WITH OXIDE ADDITIONS

<sup>1</sup>Dvilis E.S., <sup>2</sup>Burdovitsin V.A., <sup>1</sup>Khasanov A.O., <sup>2</sup>Oks E.M.,

<sup>2</sup>Klimov A.S., <sup>2</sup>Zenin A.A., <sup>1</sup>Khasanov O.L.

<sup>1</sup>*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: khasanov@tpu.ru;*

<sup>2</sup>*Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, e-mail: burdov@fet.tusur.ru*

The experimental results of electron beam sintering of ceramic material based on silicon carbide with additions of yttria and alumina demonstrate a weight loss of as-sintered material which increases with power of electron beam. It caused by overheating of ceramic micro-areas at temperature range from 2000 to 2730 °С. The overheating is accompanied by the step-by-step processes: chemical and phase transformations, sublimation, melting and vaporization, however the oxidation process of SiC does not have significant effect on weight loss. The formation of dense grain structure with perfect boundaries between pores was shown in volume of sintering material during described processes. These peculiarities of the local heating point to necessity of the reliable temperature measurement during electron beam sintering of SiC-based ceramics. It is necessary to minimization free surface of sintering sample to achieve high density ceramic structure by electron beam sintering method. That is provide at pre-pressing stage.

**Keywords:** silicon carbide, electron beam sintering, forevacuum, plasma electron source

Одним из перспективных конструктивных и функциональных материалов для изготовления ответственных деталей и изделий (износостойких уплотнений, нагревательных элементов, элементов бронезащиты, компонентов микро- и нанoeлектроники и др.) является керамика на основе SiC, что обусловлено сочетанием её высокой твёрдости, относительно малого удельного веса, низкого значения коэффициента термического расширения, высокой жаростойкости, теплопроводности. Изготовление из

этого материала высокоплотных объёмных изделий проводится достаточно сложными процессами спекания под давлением (различные варианты горячего прессования).

Эффективным является спекание SiC с участием жидкой фазы, для чего в порошок карбида кремния добавляют до 10 % оксидов алюминия и иттрия. В этом случае тонкий слой оксида кремния, всегда содержащийся на поверхности частиц SiC, образует с оксидными добавками легкоплавкое силикатное соединение, которое

обеспечивает зернограничное проскальзывание при жидкофазном спекании [6]. Жидкофазное спекание такого композита требует высоких температур (до 2050 °С) и длительной выдержки, что удорожает производство изделий из SiC. Повысить скорость и качество консолидации тугоплавких порошковых материалов позволяют высокоэнергетические методы внешнего воздействия, например искровое плазменное спекание, а также метод электронно-лучевого спекания (ЭЛС).

Электронно-лучевые технологии обработки материалов находят широкое применение в различных отраслях науки и техники [1], однако получение с их помощью объёмных керамических материалов до сих пор остаётся не до конца решённой, но перспективной задачей материаловедения. Ранее в работах [3, 4] нами была показана возможность успешного проведения электронно-лучевого спекания оксидных диэлектрических керамик на основе ZrO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Основная задача настоящего исследования состояла в установлении особенностей и перспектив применения метода электронно-лучевого спекания для высокотемпературной консолидации карбида кремния, с учетом роли спекающих оксидных добавок.

### Материалы и методы исследования

Образцы в форме таблеток диаметром до 14 мм и высотой до 3 мм из коммерческого гранулированного порошка SiC (SIKA Densitac-L, Saint-Gobain) формовали обычным одноосным статическим прессованием до плотности около 60% от теоретической. Свойства порошка представлены в табл. 1.

Эксперименты по электронно-лучевому спеканию образцов проводились в установке с форвакуумным плазменным электронным источником [6]. Спекание проводили в трех вариантах: (ЭЛС 1) под действием одного электронного пучка на образец, вращающийся с частотой 1,5–2 об/с (рис. 1, а); (ЭЛС 2) под действием двух встречных пучков на образец, неподвижно зафиксированный в вакуумной

камере и (ЭЛС 3) под действием двух встречных пучков на образец, неподвижно зафиксированный внутри графитового тигля в вакуумной камере (рис. 1, б). Спекание в графитовом тигле позволяло исключить из рассмотрения возможные радиационные эффекты. После откачки вакуумной камеры с размещённым в ней образцом до давления остаточной атмосферы 3 Па в ряде экспериментов проводилась её промывка инертными газами (гелий, аргон) в течение 5 мин. Нагрев образца осуществлялся в течение 40–45 мин путём плавного увеличения мощности электронных пучков. Контроль температуры внешней поверхности спекаемого образца или тигля осуществлялся с помощью пирометра Marathon MM (Raytec).

**Таблица 1**

Свойства порошка карбида кремния

Свойство	Значение
Удельная поверхность (м <sup>2</sup> /г)	13
Средний размер гранул (мкм)	100
Средний размер частиц (мкм)	1
Содержание Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (мас. %)	5,5
Содержание Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (мас. %)	3,5
Содержание свободного углерода (мас. %)	< 0,15

Определение состава газовой атмосферы в камере производилось газоанализатором RGA-100 (SRS).

Электронно-лучевым воздействием образец SiC нагревали до заданной температуры и выдерживали в течение определенного времени. По окончании воздействия образец выдерживали в вакууме до полного остывания. Для сравнения свойств проводили анализ образцов, спеченных из аналогичных таблеток в вакуумной печи сопротивления.

Плотность образцов определяли с точностью ±0,1% измерениями объёма (цифровым микрометром Mitutoyo ID-F150) и взвешиванием (на электронных весах ВЛТЭ-150). Структуру и состав полученных образцов исследовали на оборудовании Нано-Центра ТПУ с использованием сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и элементного энергодисперсионного анализа (EDS) на приборе JSM-7500FA (JEOL), а также методом рентгенофазового анализа (РФА) на установке XRD-7000F (Shimadzu). Расшифровку результатов рентгеновской дифракции проводили методом Ритвельда с использованием стандартной базы данных неорганических кристаллических материалов ICSD.

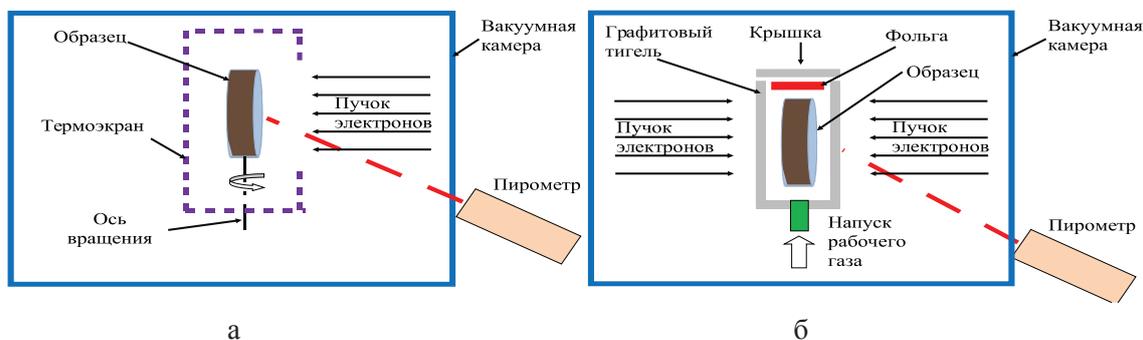


Рис. 1. Схема электронно-лучевого спекания: а – спекание одним пучком, б – спекание в графитовом тигле двумя пучками

Таблица 2

Результаты ЭЛС образцов SiC в различных режимах и условиях

Номер образца	Условия ЭЛС	Остаточный газ (3 Па)	Температура, °С	Время выдержки, мин	Относительная плотность до ЭЛС, %	Относительная плотность после ЭЛС, %	Потери массы, %
1	(ЭЛС 2)	воздух	1950	10	60,1	43,7	38,7
2	(ЭЛС 2)	воздух	1900	10	60,3	47,3	39,8
3	(ЭЛС 2)	воздух	1800	10	62,9	51,1	24,5
4	(ЭЛС 2)	воздух	1700	10	60,6	52,9	18,5
5	(ЭЛС 2)	воздух	1850	10	58,4	45,3	30,9
6	(ЭЛС 3)	кислород	1700	10	59,5	52,6	16,7
7	(ЭЛС 3)	гелий	1700	20	58,9	55,1	12,6
8	(ЭЛС 3)	гелий	1700	10	59,8	55,5	13,6
9	(ЭЛС 3)	аргон	1700	10	59,5	57,3	10,9
10	(ЭЛС 1)	гелий	1750	10	58,9	48,6	24,7
11	(ЭЛС 1)	гелий	1750	10	92,5 *	82,9	13,2

Примечание. \* – образец предварительно спечён в вакуумной печи.

### Результаты исследования и их обсуждение

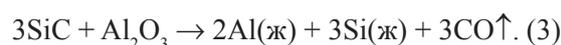
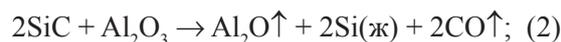
В отличие от ранее проведённых нами экспериментов по ЭЛС оксидной керамики [3, 4], анализ результатов ЭЛС SiC, представленных в табл. 2, показал существенную потерю массы образцов при всех исследованных режимах спекания. Унос вещества сопровождается деформацией образцов и снижением их плотности.

Максимальные потери массы наблюдаются в экспериментах ЭЛС в остаточной воздушной атмосфере при температурах выше 1700°С (образцы № 1–5). Однако влияние окислительных процессов исключается в эксперименте ЭЛС образца, помещённого в графитовый тигель, с прокачкой через него кислорода (образец № 6). Потери массы при этом оказались даже ниже, чем для образца, спекаемого при этой же температуре в остаточной воздушной атмосфере (образец № 4). Это указывает на определяющую роль температуры в процессе уноса вещества и на несущественное влияние процессов окисления при данном форвакуумном давлении.

Сравнение потерь массы для образцов № 3, 10 и 11 позволяет также сделать вывод о существенном влиянии состояния наружной и внутренней (вокруг пор) поверхности образцов. Образец № 11 предварительно спекался в вакуумной печи при 2000°С до плотности 92,5% от теоретической (3,21 г/см<sup>3</sup>), а затем проводилось ЭЛС при 1750°С. Потери массы образца № 11 при ЭЛС оказались почти в два раза меньше, чем для образца № 10: прессовка плотностью 58,9% спекалась

методом ЭЛС при этой же температуре 1750°С. Потери массы образцов № 3 и 10 практически равны, несмотря на несколько разные температуры ЭЛС и составы остаточной атмосферы, что также можно объяснить разницей в величинах исходной плотности: несколько более плотный образец № 3 потерял такое же количество массы при большей температуре в среде воздуха, чем менее плотный образец № 10 при меньшей температуре в среде гелия.

Значения потери массы в спеченных образцах SiC (от 11 до 40%) существенно превышают содержание оксидных добавок Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5,5%) и Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3,5%), что не позволяет рассматривать химические превращения в качестве единственной причины уноса вещества, однако не исключает полностью вероятность таких процессов и требует их рассмотрения. Известно [7], что в вакууме при температурах выше 1850°С оксид алюминия взаимодействует с карбидом кремния с образованием газообразных и жидких продуктов.



Также в этих условиях с образованием газообразных продуктов возможна реакция взаимодействия карбида и оксида кремния.



Изменения газовой атмосферы при ЭЛС образцов № 10 и 11 (рис. 2) качественно

соответствуют реакциям (1)–(4), а различия объясняются разницей исходной плотности образцов. Однако выделение СО в экспериментах наблюдается уже при температурах, регистрируемых пирометром, существенно меньших 1850°С.

В частности, как для пористого образца № 10, так и для предварительно спечённого (высокоплотного) образца № 11, рост содержания СО ( $m/e = 28$ ) в камере начинается при температуре около 1400°С, а по истечении нескольких минут выдержки уровень СО в масс-спектре снижается. В области высоких температур разница в характере кривых

газовыделения для этих образцов заключается в том, что для пористого образца № 10 прекращение выделения СО наступает раньше. Данный факт можно объяснить тем, что образец № 10 – пористый, с высокой свободной поверхностью. Это способствует полному реагированию добавки  $Al_2O_3$  с SiC по реакциям (1)–(3). Прекращение выделения СО при ЭЛС более плотного (предварительно спечённого) образца № 11 имеет менее резкий характер и связано с прекращением нагрева и последующим снижением температуры. В этом случае в спекаемом SiC остается непрореагировавший оксид алюминия.

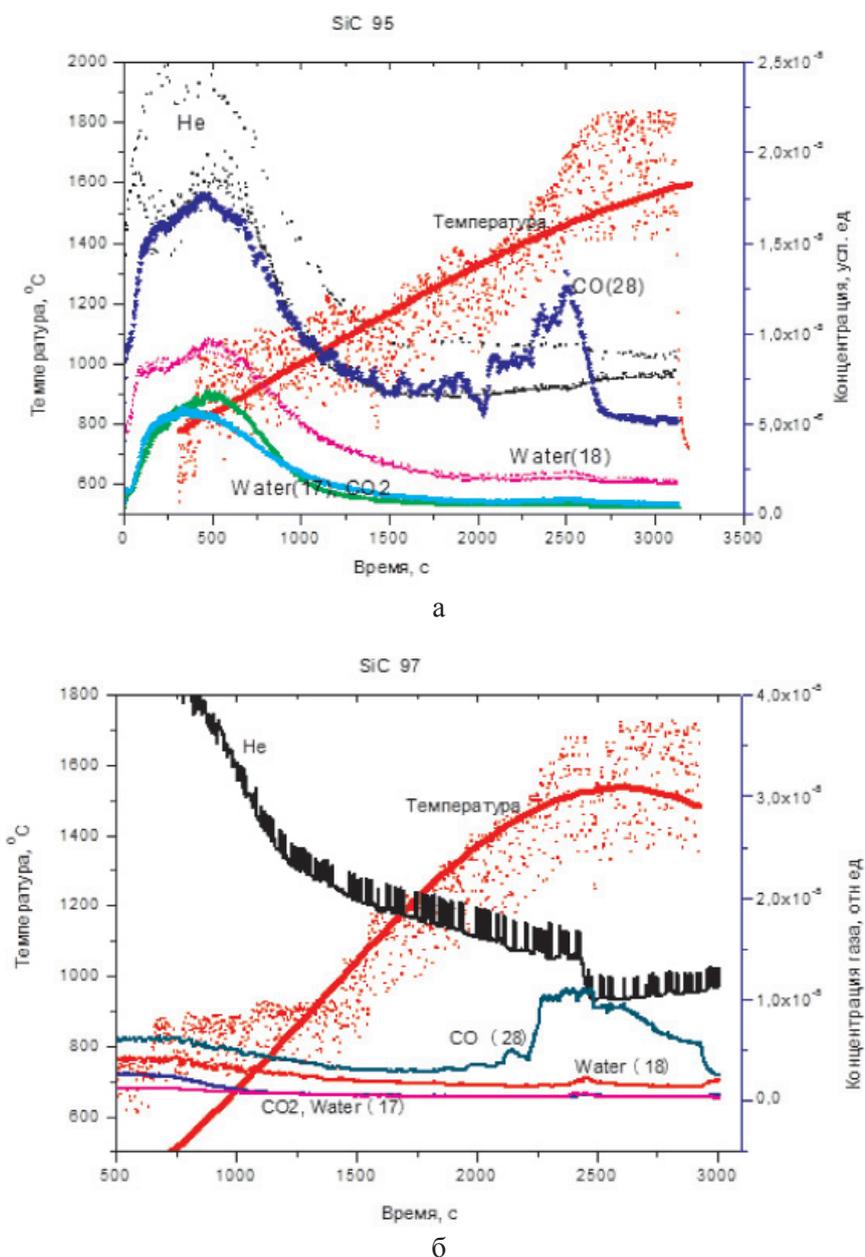


Рис. 2. Изменение состава газовой атмосферы в процессе ЭЛС образцов SiC: а – образец № 10; б – образец № 11

Рассмотренный механизм химических превращений оксидных добавок, как уже было сказано, может лишь частично объяснить потери массы. Поэтому нужно рассматривать другие механизмы, среди которых можно предположить процессы испарения и сублимации SiC и оксидных добавок. Однако и в этом случае следует учитывать, что при температурах до 1700°C содержащиеся в исследуемом материале соединения не плавятся и не сублимируют. Основной компонент материала – карбид кремния – не плавится до температуры 2730°C, но способен сублимировать при температурах выше 1700°C.

Для проверки сделанных предположений был проведён анализ продуктов сублимации и испарения. Под крышкой графитового тигля помещали пластину из ниобиевой фольги, на которой при ЭЛС конденсировались указанные продукты. После проведения ЭЛС на фольге обнаружен кристаллический осадок (рис. 3).

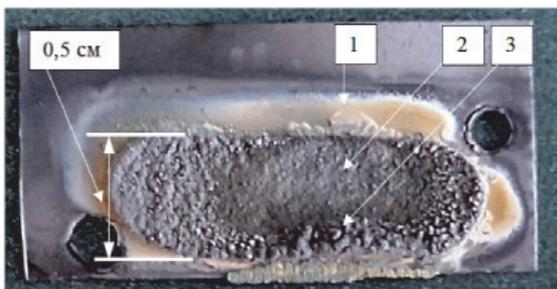


Рис. 3. Фотография ниобиевой фольги с конденсатом после ЭЛС SiC

Толщина слоя осадка составляла от 0,5 до 1 мм в зависимости от места расположения на пластине. Периферийный уча-

сток (рис. 3, область 1) представляет собой рекристаллизованные зёрна материала фольги (ниобия), покрытые тонкой плёнкой наночастиц и редкой сеткой нитевидных кристаллов (рис. 4). По данным элементного энергодисперсионного анализа (EDS) состав этого конденсата представлен поверхностно окисленным алюминием (до 70%) и кремнием (до 19%).

В средней части подложки (рис. 3, область 2) наблюдаются сплошные скопления нитевидных кристаллов алюминия толщиной 1–2 мкм и длиной до 15 мкм, а также редкие скопления более тонких субмикронных игл кремния (рис. 5).

В пограничной области 3 наблюдается наиболее плотный конденсат в виде застывших каплевидных сфер и крупных кристаллов, состоящих из тех же компонентов – алюминия и кремния (рис. 6). При этом для алюминия характерно образование крупных «капель» и нитевидных кристаллов, а кремний образует более тонкие иглы, тонкую плёнку на поверхностях и мелкие зёрна, которые могут быть обнаружены внутри крупных «капель» алюминия (рис. 7). Последнее обстоятельство указывает на очередность образования кристаллов, которая соответствует разнице в температурах конденсации (2516°C для алюминия, 2349°C для кремния) и кристаллизации (660°C для алюминия, 1415°C для кремния) этих компонентов: алюминий конденсируется раньше и быстрее кремния, но кристаллизуется позже и медленнее его. В целом результаты энергодисперсионного анализа продуктов конденсации согласуются с механизмами химических превращений по реакциям (3) и (2).

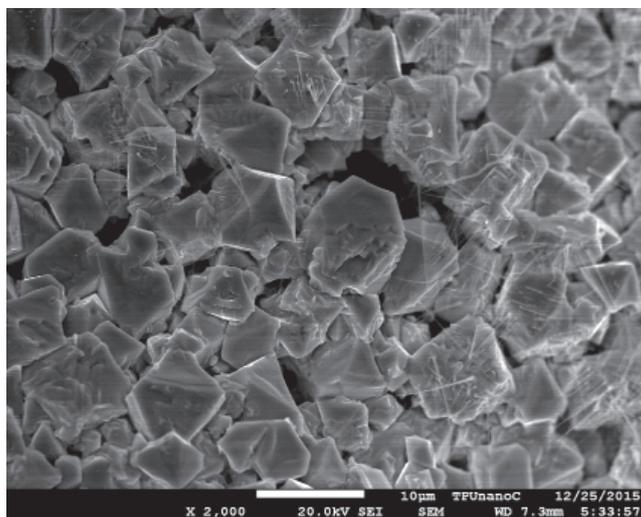


Рис. 4. СЭМ-изображение периферийной области 1 на фольге

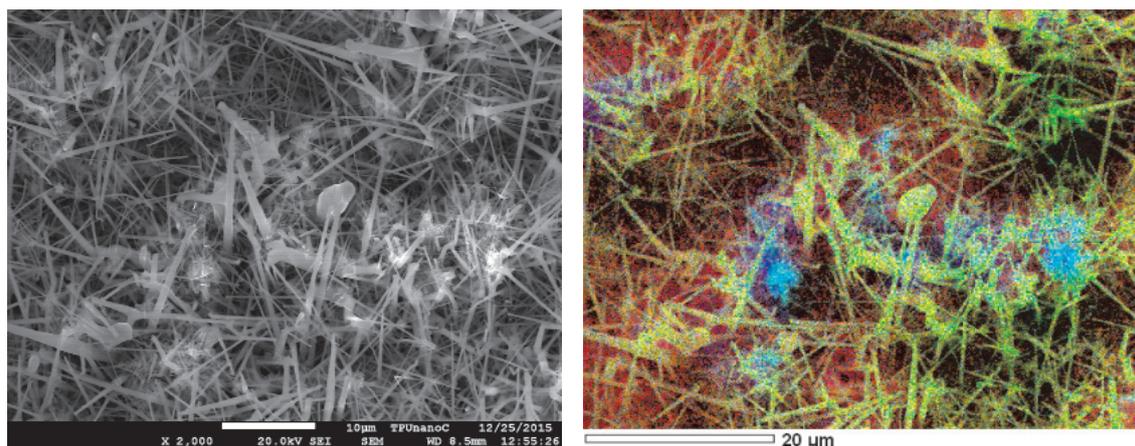


Рис. 5. СЭМ-изображение области 3 конденсата на ниобиевой фольге и соответствующее ему распределение элементов: красный цвет соответствует элементу алюминию, синий – элементу кремнию, зелёный – рельеф структуры (морфология поверхности)

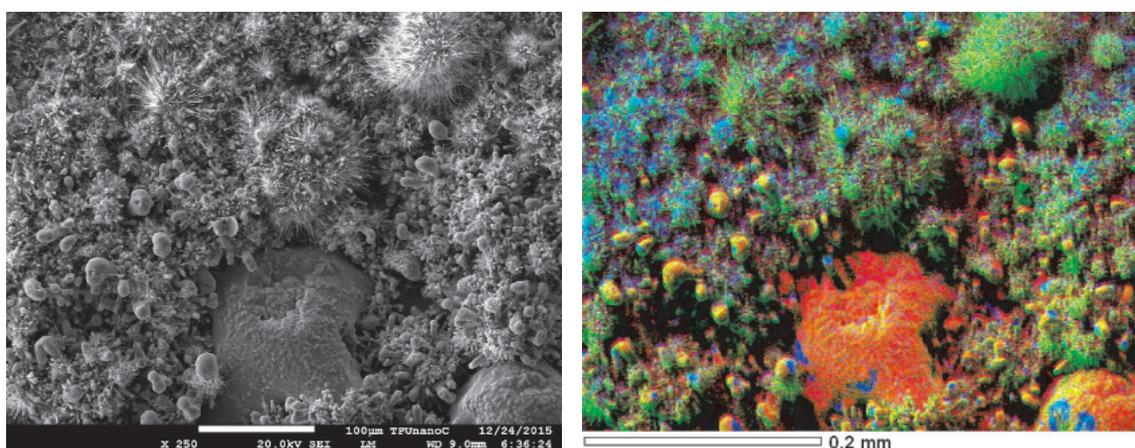


Рис. 6. СЭМ-изображение области 4 конденсата на ниобиевой фольге и соответствующее ему распределение элементов: красный цвет соответствует элементу алюминию, синий – элементу кремнию, зелёный – рельеф структуры (морфология поверхности)

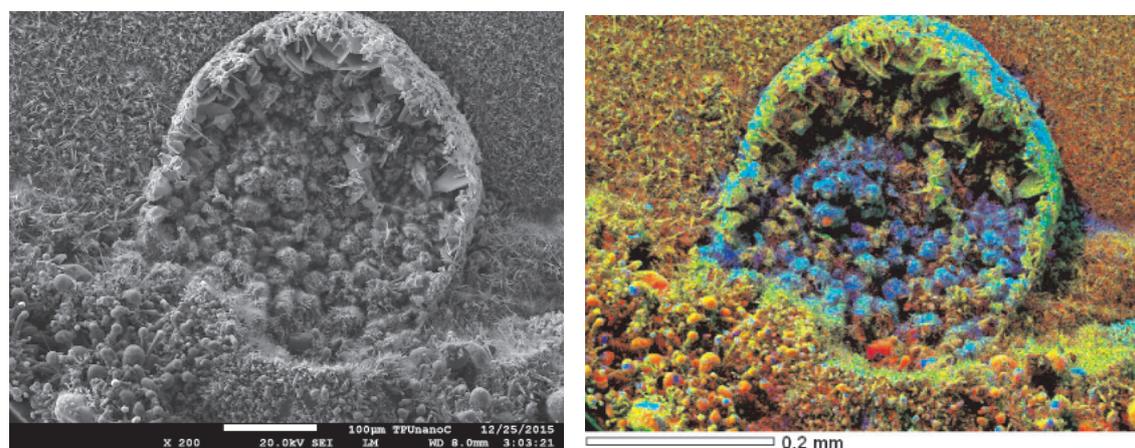


Рис. 7. СЭМ-изображение области 3 конденсата на ниобиевой фольге и соответствующее ему распределение элементов: красный цвет соответствует элементу алюминию, синий – элементу кремнию, зелёный – рельеф структуры (морфология поверхности)

Основная часть сублимированных и испарённых в процессе ЭЛС компонентов, очевидно, конденсируется за пределами негерметичного тигля. Однако обращает на себя внимание тот факт, что в осаждённых на фольге продуктах полностью отсутствуют иттрий. Объясняется это тем, что содержащийся в исследуемом материале оксид иттрия при данных температурах не сублимирует, а его температура кипения  $4300^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, он должен оставаться в объёме спекаемого образца.

Результаты СЭМ-анализа внешних поверхностей и внутренних областей спечен-

ных образцов подтверждают сделанные предположения. В структуре объёма образца после ЭЛС наблюдается большое количество пор в системе плотно спёкшихся зёрен SiC (рис. 8, а). В отличие от образцов, изготовленных термическим спеканием в вакууме (рис. 8, б), среди зёрен SiC после ЭЛС (рис. 8, а) практически отсутствуют зёрна оксидных добавок.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  исчез из пористого образца в результате рассмотренных выше реакций, а  $\text{Y}_2\text{O}_3$  мигрировал из объёма образца на его свободные поверхности (рис. 8, а), а также в трещины (рис. 8, в, г) с образованием плотной плёнки.

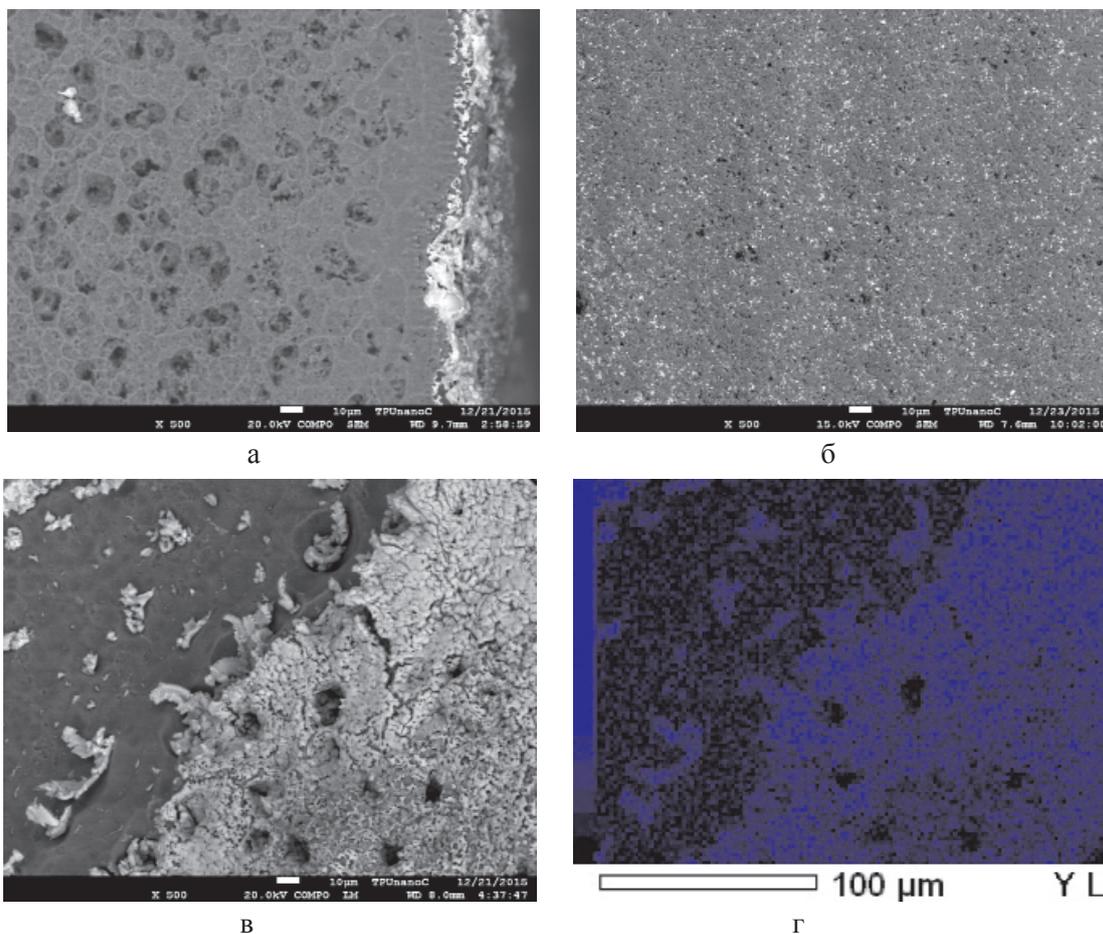


Рис. 8. СЭМ изображения образцов керамики SiC, полученные в электронах обратного рассеяния (режим фазового контраста; светлые участки – оксид иттрия):

- а – скол SiC с плёнкой оксида иттрия на поверхности трещины; б – скол образца SiC, после спекания в вакуумной печи с равномерно распределёнными зёрнами оксидов; в – поверхность трещины образца после ЭЛС с плёнкой оксида иттрия; г – соответствующая изображению «в» карта распределения иттрия

Приведённые экспериментальные данные и обсуждения в целом согласуются друг с другом, но явно указывают на несоответствие уровней температур, регистрируемых пирометром, и температур, характерных

для описанных выше процессов. Это приводит к выводу о чрезвычайно неоднородном и локальном разогреве образца в процессе его ЭЛС-консолидации, при котором температура распределённых по объёму

образца микрообластей (предположительно, в окрестностях скопления оксидных включений) достигает экстремальных значений, существенно превышающих регистрируемые при помощи пирометра значения на соответствующей поверхности.

Предположения о локально рассредоточенном разогреве материала при ЭЛС до экстремальных температур подтверждаются результатами РФА. Известно, что бета-модификация карбида кремния ( $\beta$ -SiC) с кристаллической структурой F43-m (кубическая) существует при температурах ниже 1700 °С. Более высокие температуры обработки SiC приводят к последовательному переходу его кубической бета-модификации в гексагональные (2H, 4H, 6H, 8H) [2]. Таким образом, по фазовому составу керамики из карбида кремния, изготовленной методом ЭЛС, можно с достаточной высокой достоверностью судить об уровнях температурного воздействия и его локально рассредоточенном характере в объеме образца.

Представленная на рис. 9 а дифрактограмма образца № 7, спеченного при температуре 1700 °С, показывает наличие в нём сразу двух высокотемпературных (тетрагональных) модификаций (63%) при сохранении низкотемпературной (кубической – 37%). По данным работы [5], накопление в исследуемом материале SiC высокотемпературной фазы до уровня 66% требует нагрева до температуры 1950 °С в течение не менее 5 часов. Поэтому для образования наблюдаемых в наших экспериментах (20 минут ЭЛС) высокотемпературных фаз SiC (в количестве 63%) требует существенно большей температуры, чем измеренное пирометром значение 1700 °С.

Наблюдаемое соотношение фаз также указывает на локально неравномерный характер нагрева объема керамики в процессе ЭЛС. Методом РФА анализировалась область образца диаметром около 5 мм, в которой одновременно присутствует материал, нагретый при ЭЛС до высоких температур (до образования высокотемпературных фаз 4H и 6H), и материал, температура нагрева которого не превысила 1700 °С – уровня сохранения фазы F43-m. Для сравнения на рис. 9, б приведена дифрактограмма образца, изготовленного обычным спеканием такого же материала при температуре 2000 °С в течение 2 часов в вакуумной печи. Видно, что в этом образце практически вся низкотемпературная модификация F43-m пере-

шла в высокотемпературные, и основная его часть представлена фазой 4H (62%).

Полученные результаты СЭМ, EDS, РФА и их совместный анализ приводят к необходимости достоверного контроля температуры образцов при ЭЛС. Для исключения влияния на показания пирометра радиационных эффектов в облучаемой электронами поверхности SiC были проведены эксперименты по ЭЛС, в которых параллельно пирометрии температура оценивалась платиново-родиевой термопарой.

В результате экспериментов обнаружилось, что по достижении температуры 1470 °С (по показаниям пирометра) происходит относительно резкое увеличение термо-ЭДС за пределы допустимого диапазона термопары (до 14 мВ – более 1800 °С). Дальнейшее повышение температуры приводит к расплавлению чувствительного спая термопары, что исключает вариант влияния паразитных токов из рассмотрения причин регистрации некорректных показаний.

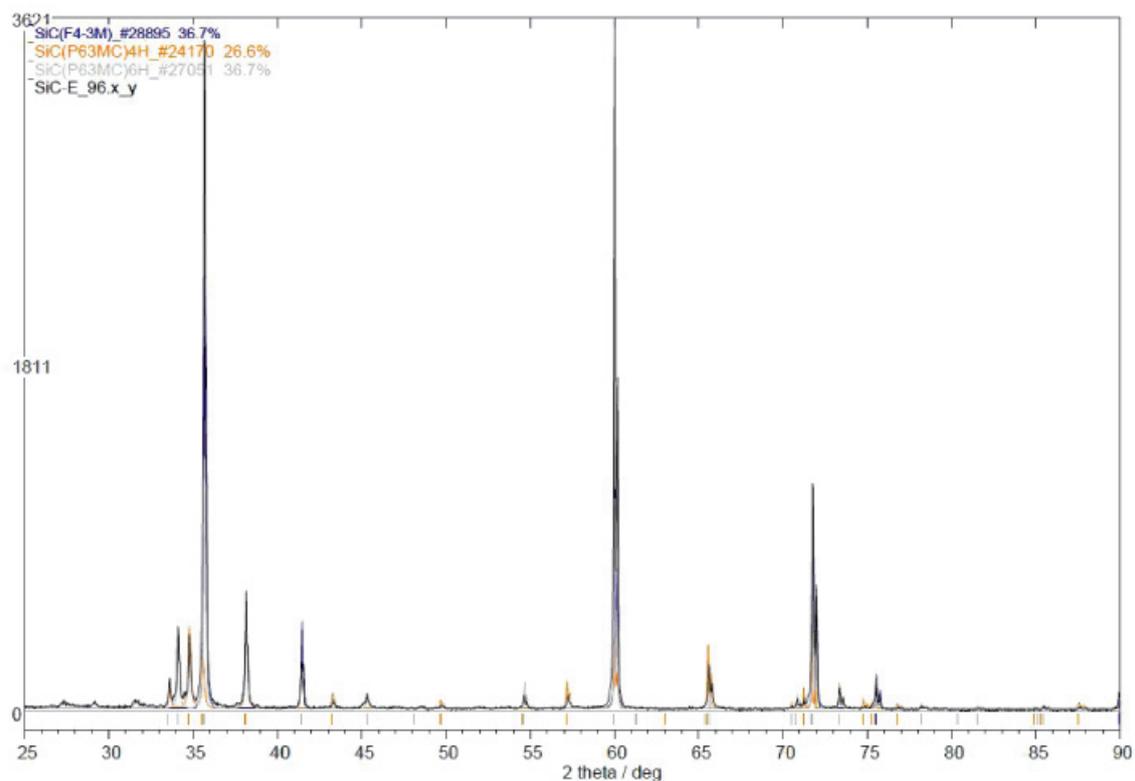
Таким образом, комплекс полученных результатов свидетельствует о возможности локального перегрева SiC под действием электронного пучка до температур выше 1850 °С. Достоверная оценка температуры образцов SiC при ЭЛС требует применения дополнительных (контрольных) методов измерения наряду с методом радиационной пирометрии.

### Выводы

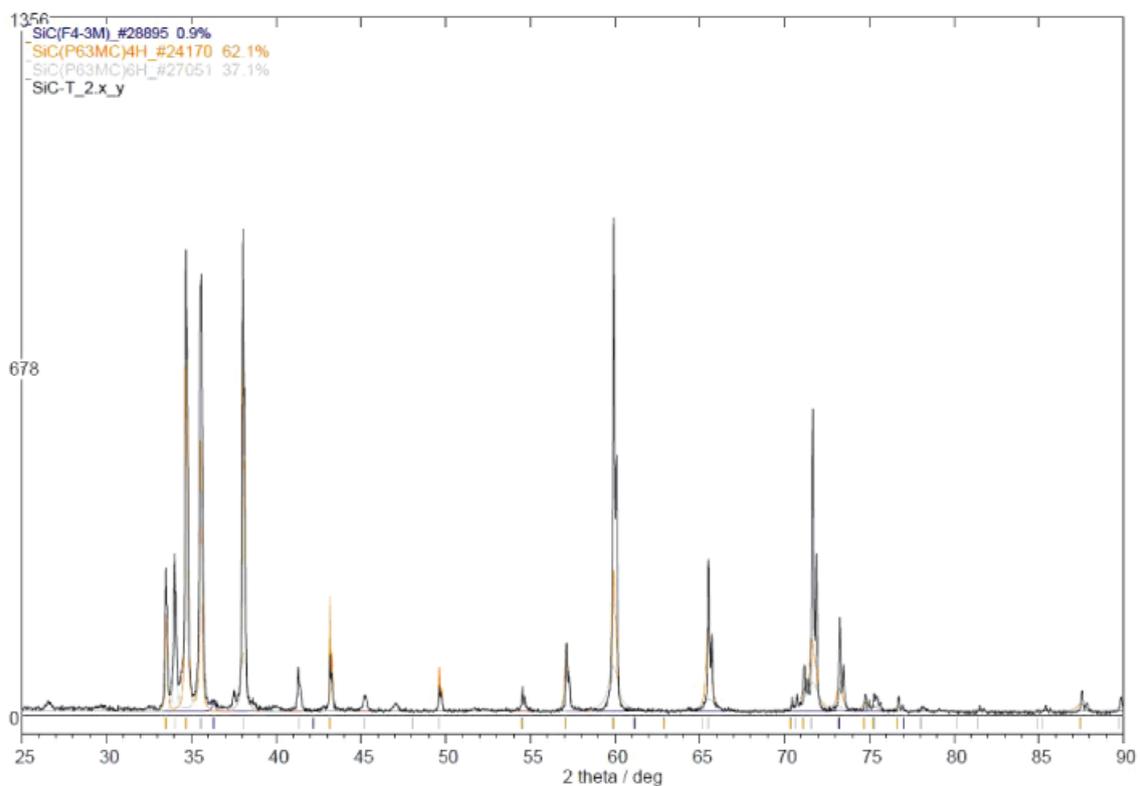
Выполненные исследования особенностей электронно-лучевого спекания прессовок из порошка SiC с добавками  $Al_2O_3$  и  $Y_2O_3$  показали ряд существенных отличий их поведения от оксидных керамических материалов в аналогичных условиях [3, 4].

Сопоставление представленных данных позволяет заключить, что при ЭЛС образца исследуемого SiC с фиксируемой на его поверхности пирометром температурой 1700 °С в его объёме происходит локально рассредоточенный перегрев микрообластей до температур в диапазоне от 2000 до 2730 °С. При этом в различных диапазонах температур могут происходить следующие основные процессы.

- В диапазоне от 1500 до 1700 °С происходит реакция карбида кремния с парами воды и кислородом с образованием оксида кремния, углекислого газа и метана (незначительно – в пределах, ограниченных содержанием свободного углерода в материале и паров воды с кислородом в остаточной атмосфере).



а



б

Рис. 9. Результаты РФА образца № 7 после ЭЛС при температуре 1700°C (а) и после спекания в вакуумной печи сопротивления при температуре 2000°C (б)

● После достижения температуры 1700°C начинается превращение кубической модификации карбида кремния в тетрагональные, а со свободной поверхности образца начинается процесс сублимации карбида кремния. Эти процессы с нарастающей интенсивностью продолжаются до максимальных температур ЭЛС.

● При температуре выше 1850°C происходят реакции взаимодействия карбида кремния и оксида алюминия (2) и (3) с образованием продуктов в виде CO, паров алюминия и кремния вплоть до полного удаления оксида алюминия из объёма образца при наличии в нём сквозной пористости.

● При температуре выше 1900°C в объёме образца протекают процессы спекания зёрен карбида кремния, локальное уплотнение которых не компенсирует процесс потери массы «залечиванием» крупных пор, образованных при удалении оксидных добавок и сублимации карбида кремния.

● В диапазоне температур от 2044 до 2410°C начинается плавление оксидов иттрия и алюминия, а выше 2410°C наступает плавление и истечение оксида иттрия на свободные поверхности образца с последующей его кристаллизацией в процессе остывания. Поскольку в образцах после ЭЛС не обнаружены области рекристаллизации карбида кремния, то предельно возможная температура достигнутого локального разогрева внутренних участков керамики условно ограничена уровнем до 2730°C.

Поскольку оксидные компоненты полностью покидают внутренние области образца, а не конденсируются в более холодных его зонах, правомерно предположить, что они являются источником тепловыделения при ЭЛС-обработке материала. Физические эффекты, приводящие к такому локальному перегреву, подлежат дальнейшему изучению

### Заключение

Выполненные эксперименты показали, что спекание электронным пучком прессовок SiC позволяет создать условия для формирования плотной зёрновой структуры с совершенными границами. Однако для спекания плотной керамики требуется предотвратить удаление оксидных добавок и образование на их месте крупных пор. Достоверный контроль температуры в объёме образца позволит обеспечить оптимизацию режимов ЭЛС.

Для достижения максимальной плотности SiC методом ЭЛС в качестве остаточной атмосферы следует использовать аргон, об-

разец помещать в графитовый тигель для защиты от прямого воздействия электронов. С целью минимизации свободной поверхности образец следует предварительно компактировать до возможно большей плотности.

Использование электронно-пучкового энергетического воздействия на SiC требует подбора режимов и условий ЭЛС, однако регистрация температуры поверхности образца при помощи пирометра не обеспечивает получение данных, корректно отражающих его текущее состояние. Отмеченные особенности локального тепловыделения позволяют связывать перспективы успешного ЭЛС керамики на основе SiC с достоверным контролем её температуры.

*Работа выполнена в рамках Государственного задания «Наука» (проект № 533) и поддёржана грантом РФФИ № 14-08-00775.*

### Список литературы

1. Бурдовицин В.А. Форвакуумные плазменные источники электронов / В.А. Бурдовицин, А.С. Климов, А.В. Медовник, Е.М. Окс, Ю.Г. Юшков. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2014. – 288 с.
2. Гнесин Г.Г. Карбидокремниевые материалы. – М.: Металлургия, 1977. – 216 с.
3. Burdovitsin V.A. Electron beam sintering of zirconia ceramics // *Advanced Materials Research*. – 2014. – Vol. 872. – P. 150–156.
4. Burdovitsin V.A. Surface structure of alumina ceramics during irradiation by a pulsed electron beam // *Technical Physics*. – 2013. – Vol. 58, № 1. – P. 111–113.
5. Izhevskiy V.A. Liquid phase sintered SiC. Processing and transformation controlled microstructure tailoring // *Mater Res*. – 2000. – Vol. 3, № 4. – P. 131–138.
6. Lee S.K. Effects of  $\alpha$ -SiC vs.  $\beta$ -SiC starting powders on microstructure and fracture toughness of SiC sintered with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> additives. / S.K. Lee; C.H. Kim // *J. Am. Ceram. Soc.* – 1994. – Vol. 77, № 6. – P. 1655–1658.
7. Mulla M.A. Pressureless sintering of  $\beta$ -SiC with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> additions / M.A. Mulla; V.D. Krstic // *J. Mater. Sci.* – 1994. – Vol. 29. – P. 934–938.

### References

1. Burdovitsin V.A. Forvakuumnye plazmennye istochniki elektronov [Forevakuum plasma electron sources]. Tomsk, Tomsk University Publ., 2014. 287 p.
2. Gnesin G.G. Karbidokremnievye materialy [Silicon carbide materials]. Moscow, Metallurgiya, 1977. 216 p.
3. Burdovitsin V.A. Electron beam sintering of zirconia ceramics // *Advanced Materials Research*. 2014. Vol. 872. pp. 150–156.
4. Burdovitsin V.A. Surface structure of alumina ceramics during irradiation by a pulsed electron beam // *Technical Physics*. 2013. Vol. 58, no. 1. pp. 111–113.
5. Izhevskiy V.A. Liquid phase sintered SiC. Processing and transformation controlled microstructure tailoring // *Mater Res*. 2000. Vol. 3, no. 4. pp. 131–138.
6. Lee S.K. Effects of  $\alpha$ -SiC vs.  $\beta$ -SiC starting powders on microstructure and fracture toughness of SiC sintered with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> additives. / S.K. Lee; C.H. Kim // *J. Am. Ceram. Soc.* 1994. Vol. 77, no. 6. pp. 1655–1658.
7. Mulla M.A. Pressureless sintering of  $\beta$ -SiC with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> additions / M.A. Mulla; V.D. Krstic // *J. Mater. Sci.* 1994. Vol. 29. pp. 934–938.

УДК 681.324

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

**Зияутдинов В.С., Золотарева Т.А., Воронин И.В., Скуднев Д.М.**

*ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», Липецк, e-mail: scoudnev@lspu.lipetsk.ru*

В данной статье рассматривается аналитическое представление статистического, сигнатурного и нейросетевого анализаторов, на основе которого, в комбинированном использовании, возможно реализовать идентификацию состояния локальной вычислительной сети. В аналитической модели сигнатурного анализатора сетевого трафика за основу взят анализ сигнатур – один из первых методов, который использовался для обнаружения проблем в работе компьютерных сетей, связанных с деятельностью злоумышленников. Аналитическая модель статистического анализатора сетевого трафика основана на том обстоятельстве, что в течение определенного интервала времени могут изменяться некоторые статистические характеристики потока пакетов. В этом случае методы обнаружения нарушений базируются на сравнении текущих характеристик потока пакетов с усредненными характеристиками за некоторый промежуток времени. В аналитической модели нейросетевого анализатора сетевого трафика используются искусственные нейронные сети Хемминга, предназначенные для распознавания класса принадлежности объекта.

**Ключевые слова:** анализатор трафика, сетевая ошибка, локальная вычислительная сеть

## ANALYTICAL SUPPORT FOR THE INTELLIGENT SUPPORT OF DECISION-MAKING TO IDENTIFY THE STATE OF THE LOCAL COMPUTER NETWORK

**Ziyautdinov V.S., Zolotareva T.A., Voronin I.V., Skudnev D.M.**

*Lipetsk State Pedagogical P. Semenov-Tyan-Shansky University, Lipetsk, e-mail: scoudnev@lspu.lipetsk.ru*

This article discusses the analytical representation of the statistical, neural network and signature analyzers, based on which, in combined use, it is possible to realize the identification of the status of the local area network. In the analytical model, the signature analyzer of network traffic based on the analysis of signatures is one of the first methods that was used for the detection problem in computer networks related to the activities of criminals. Analytical model for statistical network traffic analyzer based on the fact that during a certain time interval may change some statistical characteristics of the packet flow. In this case, methods for the detection of violations based on the comparison of current characteristics of a stream of packets with mean characteristics for the certain period of time. In the analytical model, neural network analyzer network traffic using artificial neural networks Hamming is intended to recognize the class of belonging of the object.

**Keywords:** traffic analyzer, network error, local computer network

Несмотря на то, что существует множество приемов и инструментов обнаружения и устранения неполадок в локальной вычислительной сети (ЛВС), администратору необходимо осуществлять сбор данных о работе сети, проводить контроль, анализ и идентификацию всех основных сетевых процессов, т.е. выявлять сетевые проблемы. Такие нестандартные ситуации занимают много рабочего времени IT-специалистов. Для сокращения временных затрат и оптимизации работы администраторов необходимо применить современные технологии в комплексе с интеллектуальной системой поддержки принятия решений (СППР) для идентификации состояния ЛВС [1].

### Аналитическая модель сигнатурного анализатора сетевого трафика

Анализ сигнатур – один из первых методов, который использовался для обнаружения проблем в работе компьютерных сетей (КС), связанных с деятельностью злоумышленников. Он базируется на простом понятии совпадения последовательности с эталонным образцом. Во входящем пакете просматривается байт за байтом и сравнивается с сигнатурой – характерной строкой программы, указывающей на наличие вредного трафика.

В качестве сетевой ошибки будем просматривать любую совокупность битовых критериев, которая не генерируется для решения какой-либо полезной задачи в ЛВС.

Структурная схема анализатора трафика представлена на рис. 1.

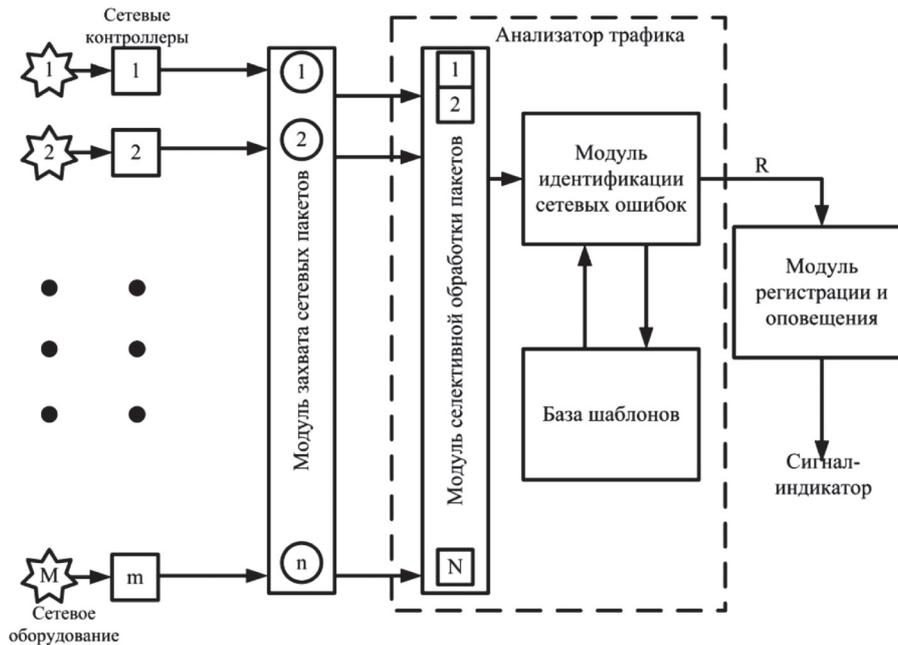


Рис. 1. Структурная схема сигнатурного анализатора сетевого трафика

Процедура анализа включает два этапа:

- селективный сбор фрагментов пакетов;
- распознавание ошибок по образцам.

Обозначим сетевой трафик как поток пакетов в виде множества

$$X = \{x_i\}_1^n,$$

где  $n$  – общее число пакетов. Основу образцов представим в виде множества  $A$ , объединяющего группы типов ошибок

$$A_j, j = \overline{1, g};$$

$$A = A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_g = \bigcup_{j=1}^g A_j,$$

где  $g$  – число групп;  $A_j$  –  $j$ -й кластер, являющийся множеством однотипных ошибок,  $A_j = \{a_{jk}\}_1^K$ ;  $K$  – общее число ошибок в  $j$ -м кластере.

Ошибка считается найденной, если выполняется условие:  $X \subseteq A$ . На вход модуля регистрации подается сигнал  $R$ , который может принимать два значения («0» – есть совпадение, «1» – нет совпадения).

#### Аналитическая модель статистического анализатора сетевого трафика

Статистические методы идентификации сетевых проблем (СП) основаны на том обстоятельстве, что в течение определенного интервала времени (на протяжении суток, часов, минут) могут изменяться некоторые статистические характеристики потока па-

кетов. В этом случае методы обнаружения нарушений базируются на сравнении текущих характеристик потока пакетов с усредненными характеристиками за некоторый промежуток времени. Первые характеристики называются локальными, а вторые – глобальными.

Если локальные характеристики значительно отличаются от глобальных, то вполне возможна попытка злонамеренных действий, сбоев в работе аппаратуры, программного обеспечения по различным причинам.

Обобщенная схема статистического анализатора, реализующего данный метод идентификации, представлена на рис. 2.

Представим аналитическую модель статистического анализатора, основанного на выборе весовых функций для определения текущих статистических характеристик потока пакетов.

Предположим, что числовая величина  $A_i$  ( $a_{\min} \leq A_i \leq a_{\max}$ ) представляет собой некоторое событие из потока событий, произошедшее в момент времени  $t_j$ ,  $j = \overline{1, n}$ . Множество событий характеризуется средним значением  $\bar{a}$  и дисперсией  $\sigma_a$  величины  $A$ .

В качестве статистической характеристики потока событий будем употреблять среднее арифметическое функции  $f(X)$  от величины  $X$

$$w(n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(A_i). \quad (1)$$

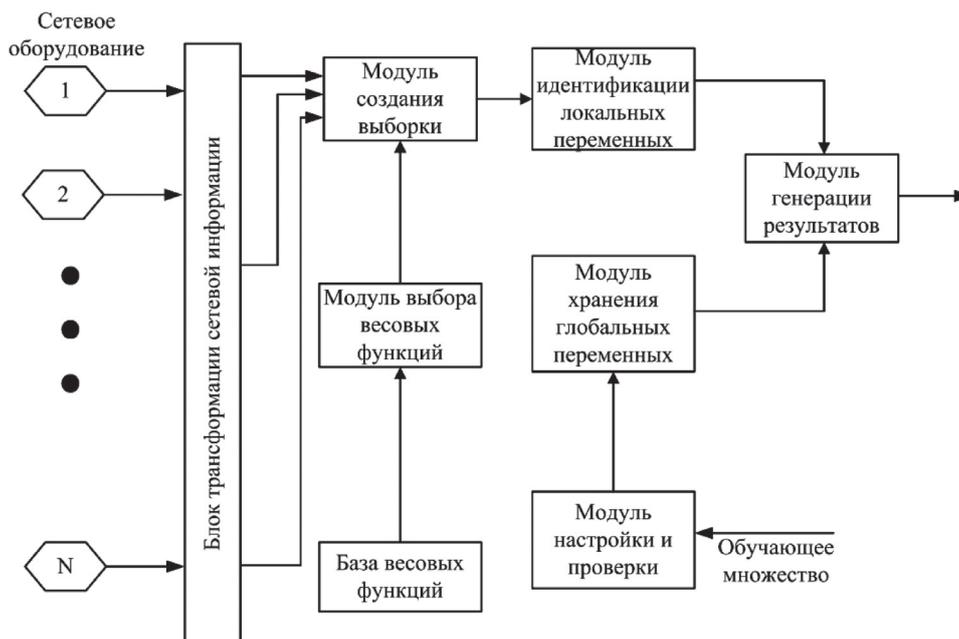


Рис. 2. Обобщенная схема статистического анализатора сетевого трафика

Для определения текущих характеристик будем определять не для всего потока  $N$  событий, а только для последних  $n$  событий. С этой целью введем понятие весовой функции  $F(z)$  и значение текущих характеристик  $W(N)$  определим как

$$W(N) = \sum_{j=1}^N (t_N - t_j) f(A_j). \quad (2)$$

Значение довода характеристики  $W(N)$  означает, что ее значение определяется вблизи  $N$ -го события потока, а размер выборки, для которой находится эта величина, определяется видом весовой функции  $F(z)$ .

Статистические характеристики потока пакетов ЛВС задаются видом функции  $f(X)$  в выражении (2). Если функция имеет вид  $f(X) = X$ , то значение текущих характери-

стик  $W_1(N) = \sum_{j=1}^N F(t_N - t_j) X_j$  соответствует

среднему арифметическому величины  $X$  для последних пакетов сетевого трафика.

Если  $F(X) = X^k$ , то

$$W_k(N) = \sum_{j=1}^N F(t_N - t_j) X_j^k,$$

а это есть первый выборочный момент порядка  $k$  и т.д.

В случае применения критерия согласия  $\lambda^2$  необходимо разбить величину на  $D$  интервалов

$$[x_{\min}, x_{\max}] = [x_0, x_1] [x_1, x_2] \dots [x_{D-1}, x_D],$$

где  $x_0 = x_{\min}$ ,  $x_D = x_{\max}$ , и подсчитать число попаданий величины  $X$  в тот или иной интервал [2].

Для учета числа событий, попадающих в интервал с номером  $d$ , определим функцию

$$\Phi_d(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } X \in [x_{d-1}, x_d]; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Введем набор величин  $y_d$  ( $1 \leq d \leq D$ ),

$$\text{где } y_d(N) = \frac{1}{N} \Phi_d(X_i); \quad (3)$$

$$\sum_{d=1}^D y_d(N) = 1. \quad (4)$$

Общее число событий  $N$  определяется интервалом времени, в течение которого ведется наблюдение за трафиком. При увеличении числа событий  $N$  частоты  $y_d(N)$  стремятся к  $P_d$  – вероятностям попадания события в интервал с заданным номером и могут быть применены как глобальные (долговременные) характеристики потока пакетов сетевого трафика.

Для определения текущих (локальных) характеристик будем учитывать число попаданий событий в соответствующие

интервалы  $[x_{\min}, x_{\max})$  не для целого потока пакетов, а только для  $n$  последних событий. Тогда значение локальных частот  $Y_d$  можно получить из выражения (2):

$$Y_d(N) = \sum_{i=1}^N F(t_N - t_i) \Phi_d(X_i); \quad (5)$$

$$\sum_{d=1}^D Y_d(N) = 1. \quad (6)$$

**Аналитическая модель нейросетевого анализатора сетевого трафика**

Искусственные нейронные сети (ИНС) позволяют более эффективно по сравнению с классическими подходами решать задачи в области обработки и распознавания различных образов [3]. Самая главная задача в применении ИНС для анализа сетевого трафика – это обучить ИНС правильно определять все проблемные события.

ИНС Хемминга предназначена для распознавания класса принадлежности объекта, заданного вектором  $X$  биполярных признаков (возможные значения признаков +1 и -1) размерности  $N$ . Предполагается, что имеются  $M$  классов, каждый из которых характеризуется своим эталонным представителем – объектом  $X_v, v = 1, 2, \dots, V$  [4, 5].

Эталонные образы и соответствующие векторы признаков хранятся в основе данных. Они отобраны экспертами для разных типов образов. На рис. 3 представлена схема обработки данных при применении нейросетевого классификатора Хемминга.

ИНС Хемминга принимает на  $N$  входов биполярные признаки объекта и после обработки данных активизирует один из  $K$  выходов, который указывает на класс принадлежности предъявленного на входе объекта.

Критерием отнесения объекта  $X$  к классу является квадрат расстояния между векторами  $X$  и  $X_q, q = 1, 2, \dots, Q$ :

$$R(X, X_q) = \sum_{j=1}^N (x_j - x_{qj})^2, \quad (7)$$

где  $x_j$  и  $x_{qj}$  –  $j$ -й биполярный признак входного образа и  $q$ -го эталона соответственно,  $j = \overline{1, N}, q = \overline{1, Q}$ .

Простейшие преобразования  $R(X, X_q)$  приводят к тому, что для нахождения  $k$  минимизация  $R(X, X_q)$  по индексу  $k$  – номеру эталона – может быть заменена максимизацией скалярного произведения векторов  $X$  и  $X_q$ :

$$\max_q R(X, X_q^T) = X \cdot X_q^T,$$

где индекс  $T$  означает транспонирование вектора.

Операцию определения скалярного произведения двух векторов реализует нейрон, потенциал которого определяется по формуле

$$p_k = \sum_{i=1}^N x_i x_{ki} = \sum_{i=1}^N x_i w_{ki},$$

где  $w_{ki} = x_{ki}$  – синаптические коэффициенты  $k$ -го нейрона.

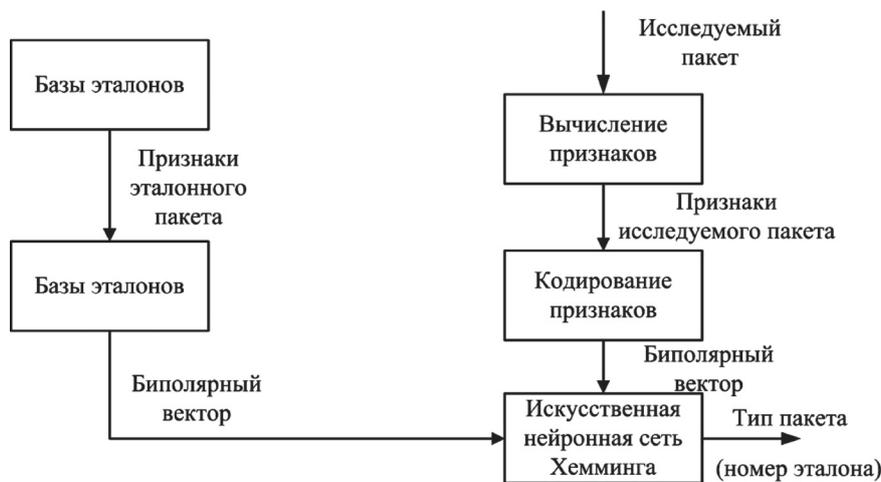


Рис. 3. Схема обработки данных в нейросетевом анализаторе Хемминга ИНС относит объект к классу  $q'$ , если  $\min_q R(X, X_q) = R(X, X_{q'})$

Значит, характеристики эталонного объекта (образа) хранятся в ИНС Хемминга в форме синаптических коэффициентов нейрона. Для применения нейросетевого классификатора Хемминга необходимо все признаки образа, которые обычно представлены действительными или целыми числами, конвертировать в биполярный код. Тогда  $N$  будет означать общее число биполярных разрядов кода всех используемых для распознавания признаков [4].

ИНС Хемминга содержит столько нейронов, сколько эталонных образов хранится в базе данных. Пусть такое число будет обозначаться как  $M$ . Предполагается, что при каждой записи в базу эталонных образов (БЭО) нового типового образа выполняется детальное вычисление его вектора признаков. Значит, БЭО содержит не только образы, но и соответствующие векторы действительных чисел  $X_q = \{x_{q1}, x_{q2}, \dots, x_{qN}\}$ ,  $q = \overline{1, M}$ . Для успешного применения ИНС Хемминга все действительные признаки должны быть представлены своим двоичным кодом. Допустим, что длина кода каждого из признаков  $x_{qi}$ ,  $q = \overline{1, M}$ ,  $i = \overline{1, N}$ , равна  $J$ . Тогда общее число двоичных признаков, поступающих на вход ИНС Хемминга, можно обозначить как  $N_0 = JN$ . Обозначим двоичные признаки  $y_0$ ,  $i = \overline{1, N_0}$ . Каждый из  $M$  нейронов ИНС Хемминга имеет  $N_0$  синаптических коэффициентов, которые представляют код признаков соответствующего эталонного образа в базе данных. Заметим, что в основе эталонных образов хранятся не коды, а действительные числа  $x_{qi}$ ,  $q = \overline{1, M}$ ,  $i = \overline{1, N}$ . Коды выражаются в процедуре эксплуатации сети Хемминга. Такой подход дает возможность употреблять любую из имеющихся схем кодирования.

## Заключение

Рассмотренные модели позволяют сделать вывод, что наилучшим подходом в создании современной системы идентификации ЛВС среднего предприятия является комбинированный подход. Он включает в себя хорошо зарекомендовавшие статистический метод, в дополнение к уже имеющимся сигнатурным системам, а в качестве самообучаемой модели применить нейросетевой анализатор сетевого трафика, основанный на оптимизированной нейросети Хемминга.

## Список литературы

1. Епанешников А.М. Локальные вычислительные сети. – М.: Изд-во Диалог-МИФИ, 2005. – 224 с.
2. Золотарева Т.А. Алгоритмическая реализация интеллектуальной системы поддержки принятия решений для идентификации состояния локальной вычислительной сети // Вестник РГРТУ № 51. – Рязань, 2015.
3. Коваль С.А. Лингвистические проблемы компьютерной морфологии. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2005. – 152 с.
4. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. Горячая Линия – М.: Телеком, 2009. – 382 с.
5. Рапопорт Г.Н. Биологический и искусственный разум. Часть 1. Сознание, мышление и эмоции. – М.: Либрокком, 2011. – 184 с.

## References

1. Epaneshnikov A.M. Lokalnye vychislitelnye seti. M.: Izd-vo Dialog-MIFI, 2005. 224 p.
2. Zolotareva T.A. Algoritmicheskaja realizacija intellektualnoj sistemy podderzhki prinjatija reshenij dlja identifikacii sostojanija lokalnoj vychislitelnoj seti Vestnik RGRTU no. 51, Rjazan 2015.
3. Koval S.A. Lingvisticheskie problemy kompjuternoj morfologii. Izdatelstvo Sankt-Peterburgskogo universiteta, 2005. 152 p.
4. Kruglov V.V. Iskusstvennye nejronnye seti. Teorija i praktika. Gorjachaja Linija Telekom, 2009. 382 p.
5. Rapoport G.N. Biologicheskij i iskusstvennyj razum. Chast 1. Soznanie, myshlenie i jemocii. Librokom, 2011. 184 p.

УДК 542.06:544.774:665.61

## ГИДРАТЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЯХ: СИНТЕЗ И РАЗЛОЖЕНИЕ

<sup>1,2</sup>Иванова И.К., <sup>2</sup>Семенов М.Е., <sup>2</sup>Корякина В.В., <sup>2</sup>Федорова А.Ф., <sup>2</sup>Рожин И.И.

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Северо-Восточный университет им. М.К. Аммосова», Якутск;

<sup>2</sup>ФГБУН «Институт проблем нефти и газа» СО РАН, Якутск, e-mail: iva-izabella@yandex.ru

В данной работе приведены результаты исследования процессов образования и разложения гидратов природного газа (ПГ) в модельных системах, состоящих из парафинистой нефти и дистиллированной воды в различных массовых соотношениях. Синтез и разложение гидратов осуществлялись в камерах-реакторах высокого давления. Величины удельного газосодержания и степени превращения воды в гидрат в исследуемых образцах определены волюмометрическим методом. Состав газа в синтезированных гидратах определен методом газовой хроматографии. Установлено, что образец с содержанием воды 40 мас. % обладает наибольшим удельным газосодержанием и высокой степенью превращения воды в гидрат. Показано, что по сравнению с ПГ, растворенным в нефти, в составе газов, полученных при разложении гидратов этого газа, преобладает метан.

**Ключевые слова:** гидрат природного газа (ГПГ), водонефтяные эмульсии, камера-реактор, волюмометрия, газовая хроматография, удельное газосодержание, степень превращения воды в гидрат

## NATURAL GAS HYDRATES IN THE WATER-OIL EMULSION: SYNTHESIS AND DECOMPOSITION

<sup>1,2</sup>Ivanova I.K., <sup>2</sup>Semenov M.E., <sup>2</sup>Koryakina V.V., <sup>2</sup>Fedorova A.F., <sup>2</sup>Rozhin I.I.

<sup>1</sup>North-Eastern Federal University, Yakutsk;

<sup>2</sup>Institute of Oil and Gas Problems SB RAS, Yakutsk, e-mail: iva-izabella@yandex.ru

In this paper we consider the results of investigation of the natural gas hydrate (NGH) formation/decomposition processes in the model systems composed of paraffinic oil and distilled water in the different mass ratios. Hydrates synthesis and decomposition were carried out in the chambers – reactors of a high-pressure. The specific gas content and the degree of water conversion to hydrate of studied samples were determined by volumetric method. The gas composition in the synthesized hydrates was determined by gas chromatography. It is found that the sample with a water content of 40 wt. % has the highest specific gas content and a high degree of water conversion to hydrate. It is shown that as compared with the natural gas, that dissolved in the oil, in the gases obtained after this gas hydrates decomposition, methane predominates.

**Keywords:** natural gas hydrate (NGH), water-oil emulsions, chamber reactor, volumetry, gas chromatography, the specific gas content, degree of water conversion to hydrate

Газовые гидраты – твердые кристаллические соединения, образующиеся при определенных термобарических условиях из воды (водного раствора, льда, водяных паров) и низкомолекулярных газов. Тематика газогидратных исследований довольно обширная, но из всех направлений следует выделить борьбу с образованием газогидратных пробок в скважинах и трубопроводах при добыче нефти в регионах, характеризующихся низкими среднегодовыми температурами и наличием многолетнемерзлых пород, которые могут инициировать процесс образования гидратов попутных газов в стволе скважины [3, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18]. Для разработки технологических решений, направленных на борьбу и предупреждение газогидратных пробок в нефтяных скважинах, необходимы фундаментальные исследования в области термодинамики, кинетики, механизмов

образования, а также фазовых превращений гидратов в водонефтяных эмульсиях.

Таким образом, цель работы – исследование процессов гидратообразования природного газа (ПГ) в модельных системах, состоящих в различных соотношениях из парафинистой нефти и дистиллированной воды.

### Экспериментальная часть

В качестве модели попутного нефтяного газа-гидратообразователя использовался природный газ Средневилюйского газоконденсатного месторождения (ГКМ) с высоким содержанием метана (92,9 об. %) [5].

Объектами исследования послужили гидраты этого газа, синтезированные в системах, состоящих из нефти Иреляхского газонефтяного месторождения (ГНМ) (Восточная Сибирь) и дистиллированной воды в различных массовых соотношениях:

№ 1 Нефть/H<sub>2</sub>O соотношение компонентов 80/20;

№ 2 Нефть/Н<sub>2</sub>О соотношение компонентов 60/40;

№ 3 Нефть/Н<sub>2</sub>О соотношение компонентов 40/60;

№ 4 Нефть/Н<sub>2</sub>О соотношение компонентов 20/80.

Образцы были приготовлены при комнатной температуре с помощью бытового электрического миксера (скорость оборота лопастей 11000 об/мин) в течение 30 мин без добавок синтетических ПАВ. На технических весах с точностью до 0,001 г готовили навески нефти и воды и перемешивали их в емкости для миксера. Для определения устойчивости полученных образцов их выдерживали в течение двух суток в делительной воронке и, как показали наблюдения, образцы сохраняли свою стабильность.

Кинетику роста и разложения гидратов природного газа (ГПГ) в системах Нефть/Н<sub>2</sub>О изучали по аналогии с работой [4] на установках, основным элементом которых является камера-реактор высокого давления. Схема установки представлена на рис. 1, а. Камера-реактор состоит из цилиндра (2), куда загружался образец, и крышки-фланца (3), где крепятся манометр (4) и запорочный вентиль (5). Через вентиль (6) в камеру подавали ПГ. Задаваемое давление составляло 80 бар. Заправленную камеру помещали в инкубатор-холодильник фирмы SANYO MIR-254 с программируемой системой контроля температуры (точность ±0,3°C), где в течение ~17 часов образец насыщался газом при температуре 20°C. После насыщения образцов синтез гидратов осуществлялся в температурном диапазоне от +20 до -10°C с градиентом охлаждения 0,1°C/мин.

Образование гидратов отслеживали по снижению давления.

Разложение синтезированных гидратов проводили при температуре +25°C. Удельное газосодержание (см<sup>3</sup>/г) и степень превращения воды в гидрат в исследуемых образцах определены волюмометрическим методом. Этот метод основан на измерении объема выделяющегося газа при нагреве гидрата [9, 14]. На рис. 1, б приведена схема установки для разложения синтезированных гидратов. В термостат Huber CC 410 (2) помещали камеру (1) и присоединяли к ней бюретку (3) с сосудом вытеснения (4). Выделяющийся газ собирали в калиброванной бюретке над насыщенным раствором хлорида натрия в воде. Синтез и разложение каждого образца осуществлялись не менее двух раз.

Компонентный состав газов, полученных после разложения гидратов, исследовали методом газо-адсорбционной хроматографии по ГОСТ 23781-87 «Газы природные горючие. Хроматографический метод определения компонентного состава» [1] на газовом хроматографе GC-2010 Plus ATF (Shimadzu, Япония). Для разделения компонентов газовой смеси использовались колонки RT-Msieve5A (длиной 30 м, внутренним диаметром 0,53 мм) и Rt-Q-Bond (длиной 30 м, внутренним диаметром 0,53 мм). В качестве газа носителя при определении углеводородов, кислорода, азота, углекислого и угарного газов использовался гелий, при определении водорода – аргон. Для регистрации пиков компонентов использовались детекторы по теплопроводности, температура детектора 240°C, подъем температуры со скоростью 10°C/мин.

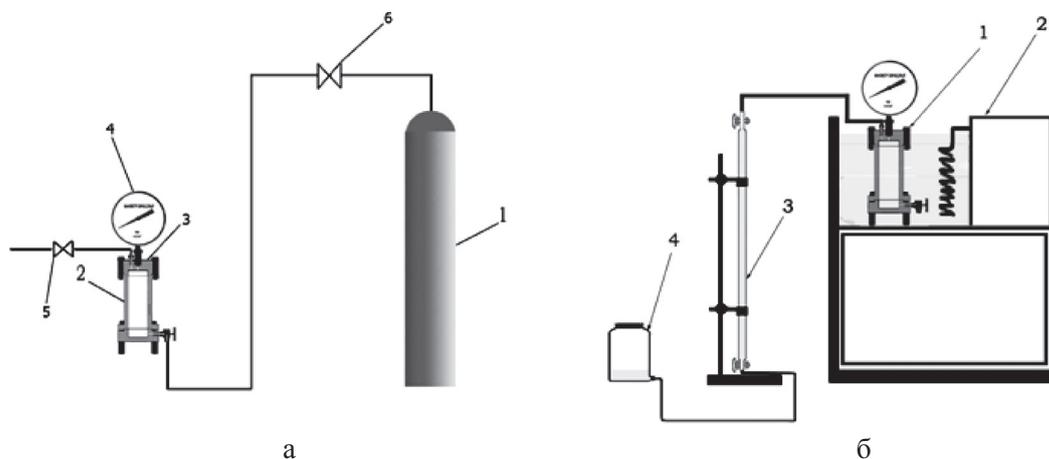


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для синтеза гидратов (а):  
 1 – баллон с газом; 2 – камера высокого давления; 3 – крышка-фланец; 4 – манометр; 5, 6 – вентили.  
 Схема установки по разложению гидрата (б):  
 1 – камера высокого давления; 2 – термостат; 3 – бюретка; 4 – сосуд вытеснения

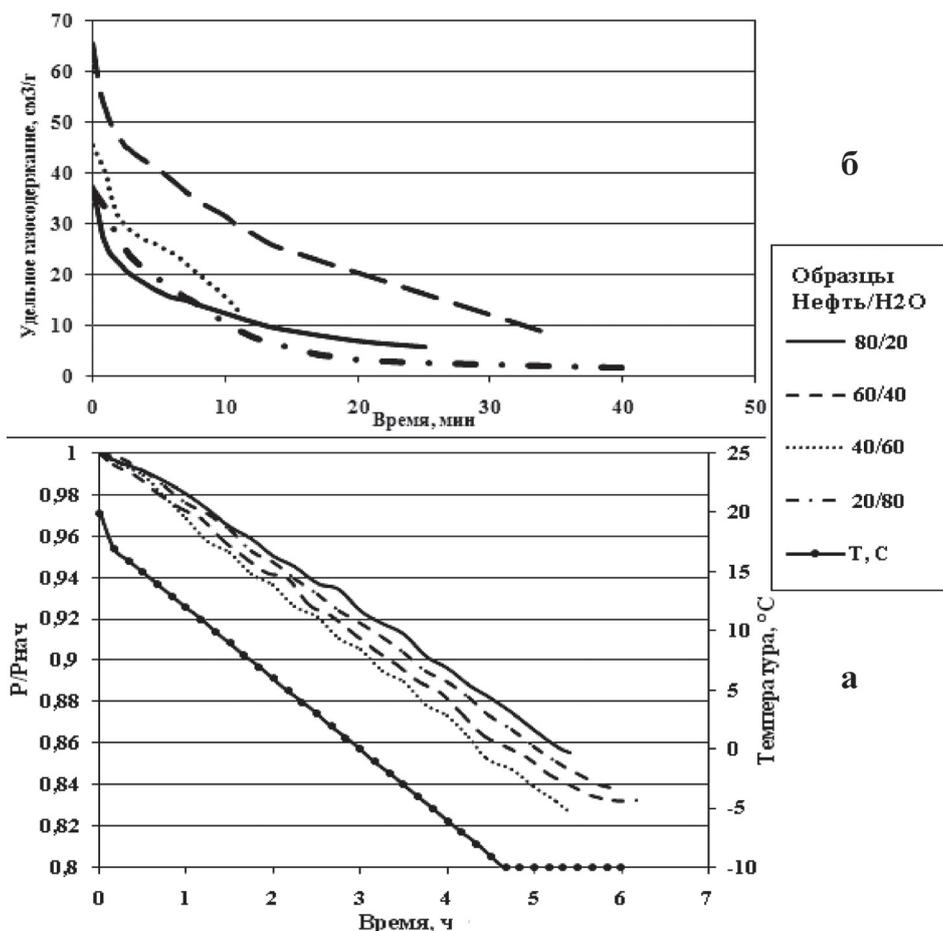


Рис. 2. Изменение давления (а) при образовании ГПГ в системах Нефть/Н<sub>2</sub>О в диапазоне температур +20...-10 °С и изменение их удельного газосодержания (б) при разложении

Таблица 1

Газосодержание ГПГ, синтезированных в системах Нефть/Н<sub>2</sub>О

Система	Нефть/Н <sub>2</sub> О			
	80/20	60/40	40/60	20/80
Соотношение	80/20	60/40	40/60	20/80
Объем выделившегося газа, см <sup>3</sup>	20	1130	640	380
Удельное газосодержание, см <sup>3</sup> /г	4	94	34	15
Степень превращения воды в гидрат, %	~3	57	21	9

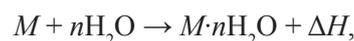
На рис. 2 приведены результаты опытов по образованию и разложению гидратов ПГ в вышеназванных системах. Видно (рис. 2, а), что кривая падения давления плавная, ступени, соответствующие стадиям насыщения газом и гидратообразования в системах нефти и воды, не разделены. Аналогичные по форме кривые получены в работах [11, 4], где соответственно приведены результаты исследования образования гидратов метана в эмульсиях воды нефтей Верхнечонского, Герасимовского и Усинского месторождений, и результаты гидра-

тообразования данного ПГ в системах, состоящих из отложений парафина и воды.

На рис. 2, б и в табл. 1 приведены результаты разложения гидратов ПГ в исследуемых системах. По объему выделившегося газа определены значения удельного газосодержания (см<sup>3</sup>/г) и степень превращения воды в гидрат в образцах. Видно (табл. 1), что наименьшим газосодержанием обладает гидрат, синтезированный в образце Нефть/Н<sub>2</sub>О с соотношением компонентов 80/20, поэтому степень превращения воды в гидрат в этом случае наименьшая

и не превышает 3%. Наибольшее количество выделившегося газа зафиксировано у образца Нефть/Н<sub>2</sub>О с соотношением компонентов 60/40 – степень превращения воды в гидрат составляет 57%, а при увеличении содержания воды в образце до 80 мас.%, степень превращения постепенно уменьшается и достигает 9%. В работах [2, 7, 17] показано, что наиболее стойкими водонефтяными эмульсиями являются эмульсии с содержанием воды около 80–85%, которые получили название «шоколадный мусс». Проблема образования таких стойких эмульсий возникает при аварийных разливах нефтепроводов в озерах, реках и т.д. Стабильность этих эмульсий объясняется наличием специфической структуры эмульсии-геля, формирующегося в случаях, когда в первоначальной водонефтяной смеси содержание воды превышает примерно 40% [2, 17]. Вероятно, что величина степени превращения воды в эмульсии в гидрат указывает на стабильность последней. Поскольку в исследуемых образцах с увеличением содержания воды степень превращения воды в гидрат уменьшается, возможно, это дает основание полагать о нестабильном состоянии эмульсии Нефть/Н<sub>2</sub>О с содержанием воды 40% мас. и увеличении стабильности эмульсий с высоким содержанием воды.

Следующим этапом работ явилось исследование компонентного состава газа, полученного при разложении гидратов, синтезированных в изучаемых системах. Кроме этого, нами был изучен состав природного газа, растворенного в нефти, при термобарических условиях синтеза гидратов, поскольку гидраты в эмульсиях в большей степени образуются из газа, растворенного в нефти. Образование гидратов протекает по следующей схеме:



где  $M$  – молекула-гость (газ-гидратообразователь);  $n$  – гидратное число (число молекул воды, приходящихся на одну включенную молекулу-гостя);  $\Delta H$  – энтальпия образования гидратов. Гидратное число является переменным числом, зависящим от типа гидратообразователя, давления и температуры. Проведенные хроматографические исследования состава газов в гидратах позволяют определить параметры синтезированных гидратов водонефтяных эмульсий. Так как ГПГ образуют главным образом кубическую структуру II, тогда гидратные числа  $n$  для гидратов этой структуры при температуре  $T_0 = 273,15$  К находятся из решения уравнений [6]:

$$\begin{aligned} & \left[ 1 + P_{\text{см}}^0 (2,5y_{\text{CH}_4} + 1,4y_{\text{CO}_2} + 0,67y_{\text{N}_2} + 46,1y_{\text{H}_2\text{S}}) \right]^2 = \\ & = \frac{1}{P_{\text{см}}^0 \left( \frac{y_{\text{CH}_4}}{231} + \frac{y_{\text{C}_2\text{H}_6}}{2,3} + \frac{y_{\text{C}_3\text{H}_8}}{0,176} + \frac{y_{i-\text{C}_4\text{H}_{10}}}{0,113} + \frac{y_{n-\text{C}_4\text{H}_{10}}}{1,6} + \frac{y_{\text{CO}_2}}{26,3} + \frac{y_{\text{N}_2}}{2323} + \frac{y_{\text{H}_2\text{S}}}{10,47} \right)}; \\ & n = \frac{17 \cdot \left[ 1 + P_{\text{см}}^0 (2,5y_{\text{CH}_4} + 1,4y_{\text{CO}_2} + 0,67y_{\text{N}_2} + 46,1y_{\text{H}_2\text{S}}) \right]}{3 \cdot P_{\text{см}}^0 (2,5y_{\text{CH}_4} + 1,4y_{\text{CO}_2} + 0,67y_{\text{N}_2} + 46,1y_{\text{H}_2\text{S}}) + 1}. \end{aligned}$$

Средний молекулярный вес газовой смеси находится по формуле

$$\mu = \sum_{i=1}^n y_i \mu_i,$$

где  $y_i$  и  $\mu_i$  – соответственно объемная доля и молекулярный вес  $i$ -го компонента смеси газов. Критические параметры газовой смеси определены по правилу Кейя [19]:

$$P_c = \sum_{i=1}^n y_i P_{ci}; \quad T_c = \sum_{i=1}^n y_i T_{ci},$$

где  $P_{ci}$ ,  $T_{ci}$  – критические давление и температура  $i$ -го компонента природного газа.

В табл. 2 приведен состав исходного природного газа, газа, растворенного в нефти, и газов, полученных при разложении гидратов водонефтяных эмульсий, а также их рассчитанные параметры.

Таблица 2

Состав природного газа, природного газа, растворенного в нефти, и газа в гидратах (% мол) и их параметры

Объект анализа	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	<i>i</i> -C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	<i>n</i> -C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	N <sub>2</sub>	<i>n</i>	μ, Г/МОЛЬ	T <sub>c</sub> , К	p <sub>c</sub> , атм
Природный газ (ПГ)	92,92	5,25	1,21	0,10	0,12	0,38	7,17	17,26	199,01	46,78
ПГ в нефти	69,36	14,98	11,47	1,40	2,79	–	9,33	23,13	237,91	46,39
Нефть/H <sub>2</sub> O 80/20	75,87	11,56	8,93	1,46	2,18	–	8,95	21,70	228,13	46,43
Нефть/H <sub>2</sub> O 60/40	72,81	11,31	10,83	2,26	2,79	–	9,30	22,80	234,42	46,22
Нефть/H <sub>2</sub> O 40/60	82,57	6,10	7,78	1,28	2,27	–	8,67	20,58	219,62	46,33
Нефть/H <sub>2</sub> O 20/80	80,86	9,75	4,97	1,55	2,87	–	8,45	20,67	220,77	46,45

Из табл. 2 видно, что по сравнению с исходным составом природного газа, в нефти растворяются более тяжелые гомологи метана, что отражается на значении  $\mu$  газовых смесей. Так если в природном газе этана и пропана 5,25 и 1,21 % мол., соответственно, то его растворение в нефти приводит к концентрированию этих углеводородов (УВ) и их содержание составляет 14,98 и 11,47 % мол., соответственно, а содержание метана в этом случае уменьшается с 92,92 до 69,36 % мол. Суммарное содержание бутанов в ПГ, растворенном в нефти также увеличивается и достигает 4,19, по сравнению с 0,22 % мол. в ПГ. Азот в нефти не растворяется и в состав гидратов тоже не входит. Видно, что уменьшение содержания метана и соответственно увеличение содержания его гомологов приводит к увеличению гидратного числа, молярной массы газовой смеси, критической температуры и уменьшению критического давления. По сравнению с ПГ, растворенным в нефти, в состав гидратов преимущественно входит метан, и его концентрация составляет 72,81–82,57 % мол. против 69,36 % мол. метана, растворенного в нефти. Этот результат коррелирует с работами [4, 8], в которых показано, что синтез гидратов ПГ в водных растворах ПАВ приводит преимущественно к образованию гидратов метана, что, возможно, связано с образованием своеобразной сетки на поверхности капель воды, состоящей из углеводородных радикалов молекул ПАВ. Размер ячеек этой сетки, скорее всего, соответствует размеру молекул ме-

тана. Как известно, в нефти содержатся природные ПАВ – смолы и асфальтены, которые концентрируются на поверхности капель воды и, возможно, образуют сетку, через которую в основном могут проходить молекулы метана, что и приводит к его высокому содержанию в гидратах. А концентрация этана и пропана в гидратном газе по сравнению с газом, растворенным в нефти, уменьшается.

Таким образом, изучены процессы гидратообразования природного газа в системах парафинистая Нефть/H<sub>2</sub>O. Показано, что именно образец Нефть/H<sub>2</sub>O с содержанием воды 40 мас. % характеризуется высокой степенью превращения воды в гидрат. Возможно, что степень превращения воды в гидрат может служить показателем стабильности эмульсий. В составе газов, полученных после разложения гидратов, синтезированных в водонефтяных эмульсиях, по сравнению с ПГ, растворенным в нефти, преобладает метан. Возможно, что полученные в этой работе и опубликованные в [4, 5] экспериментальные данные послужат основой для разработки рекомендаций по предотвращению образования гидратных пробок, образующихся при разработке и эксплуатации нефтяных месторождений, расположенных в зоне многолетнемерзлых горных пород.

*Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках выполнения базовой части государственного задания, проект № 1896 «Организация проведения научных исследований».*

## Список литературы

1. Газы горючие природные. Хроматографический метод определения компонентного состава. ГОСТ 23781-87. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997. – 22 с.
2. Евдокимов И.Н., Лосев А.П., Новиков М.А. Особенности внутренней структуры природных водонефтяных эмульсий // Бурение и нефть. – 2007. – № 4. – С. 20–21.
3. Елеманов Б.Д., Герштанский О.С. Осложнения при добыче нефти. – М.: Наука, 2007. – 420 с.
4. Иванова И.К., Семенов М.Е., Корякина В.В., Шиц Е.Ю., Рожин И.И. Исследование процессов образования и разложения гидратов природного газа в системах промысловые асфальтосмолопарафиновые отложения/ вода // Журнал прикладной химии. – 2015. – Т. 88. – № 6. – С. 870–878.
5. Иванова И.К., Семенов М.Е., Рожин И.И. Синтез и фазовые превращения гидратов природного газа Средневилюйского месторождения // Журнал прикладной химии. – 2014. – Т. 87. – № 8. – С. 1111–1116.
6. Истомин В.А., Квон В.Г. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах добычи газа. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. – 506 с.
7. Левченко Д.Н. Эмульсии нефти с водой и методы их разрушения. – М.: Энергоиздат, 1987. – 464 с.
8. Нестеров А.Н. Кинетика и механизм гидратообразования газов в присутствии поверхностно-активных веществ: автореф. дис. ... д-ра. хим. наук. – Тюмень, 2006. – 38 с.
9. Савельев Б.А. Методы изучения строения, состава и свойств льда // Итоги науки и техники. Сер. Гляциология. ВИНТИ. – 1963. – Т. 4. – 204 с.
10. Саяхов Ф.Л., Багаутдинов Н.Я. Электротепловые методы воздействия на гидратопарафиновые отложения. М.: ООО «Недра-Бизнес-центр», 2003. – 119 с.
11. Стопоров А.С., Манаков А.Ю., Алтунина Л.К., Богословский А.В., Стрелец Л.А., Аладко Е.Я. Зависимость скоростей образования и Р-Т – областей устойчивости нефтяных суспензий гидрата метана от состава нефтей // Нефтехимия. – 2014. – Т. 54. – № 3. – С. 169–175.
12. Хорошилов В.А., Семин В.И. Предупреждение гидратообразования при добыче нефти // ВНИИГАЗ. Природные и техногенные газовые гидраты. – 1990. – С. 120–127.
13. Чертовских Е.О., Шиц Е.Ю., Иванова И.К., Сиряева Р.У., Вахромеев А.Г. Твердые отложения (АСПО, гидраты, соли) в нефтяных скважинах Восточной Сибири // Межотраслевой институт «Наука и образование». – 2014. – № 3. – С. 106–109.
14. Якушев В.С. Природный газ и газовые гидраты в криолитозоне. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. – 192 с.
15. Akhflash M., Aman Z.M., Ahn S.Y., Johns M.L., May E.F. Gas hydrate plug formation in partially-dispersed water-oil systems // Chem. Eng. Sci. – 2016. – Vol. 140. – P. 337–347.
16. Delgado-Linares J.G., Majid Ahmad A. A., Sloan E.D., Koh C.A., and A.K. Sum A.K. Model Water-in-Oil Emulsions for Gas Hydrate Studies in Oil Continuous Systems // Energy Fuels. – 2013. – Vol. 27. – № 8. – P. 4564–4573.
17. Evdokimov I.N., Eliseev N.Yu., Iktisanov V.A. Excess density in oilfield water – crude oil dispersions // Journal

of Colloid and Interface Science. – 2005. – Vol. 285. – № 2. – P. 795–803.

18. Greaves D., Boxall J., Mulligan J., Sloan E.D., Koh C.A. Hydrate formation from high water content-crude oil emulsions // Chem. Eng. Sci. – 2008. – Vol. 63. – P. 4570–4579.

19. Kay W.B. Density of hydrocarbon gases and vapors at high temperature and pressures // Indust. & Eng. Chem. Research. – 1936. – Vol. 28. – P. 1014–1019.

## References

1. Gazy gorjuchie prirodnye. Hromatograficheskij metod opredelenija komponentnogo sostava. GOST 23781-87. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov, 1997. 22 p.
2. Evdokimov I. Losev A., Novikov M. *Burenie i nefit*, 2007, no. 4. pp. 20-21.
3. Elemenov B.D, Gershtanskiy O.S. *Oslozhneniya pri dobyche nefii*. Moscow, Nauka, 2007. 420 p.
4. Ivanova I.K., Semenov M.E., Koryakina V.V., Shits E.Yu., Rozhin I.I. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2015, Vol. 88, no. 6, pp. 941–948.
5. Ivanova I.K., Semenov M.E., Rozhin I.I. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2014, Vol. 87, no. 8, pp. 1094–1098.
6. Istomin V.A., Kvon V.G. *Preduprezhdenie i likvidacija gazovykh gidratov v sistemah dobychi gaza*. M.: ООО «IRC Gazprom», 2004. 506 p.
7. Levchenko D.N. *Jemulsiy nefiti s vodoj i metody ih razrusheniya*. M.: Jenergoizdat, 1987. 464 p.
8. Nesterov A.N. *Kinetika i mehanizm gidratoobrazovaniya gazov v prisutstvii poverhnostno-aktivnykh veshhestv*: avtoref. dis. na soisk. uchen.step. dokt. him. nauk. Tjumen, 2006. 38 p.
9. Savelev B.A. *Itogi nauki i tehniki. Ser. Glijaciologija. VINITI*, 1963, Vol. 4. 204 p.
10. Sajahov F.L., Bagautdinov N.Ja. *Jelektroteplovyje metody vozdeystviya na gidratoparafinyje otlozheniya*. Moscow: ООО «Недра-Бизнес-центр», 2003. 119 p.
11. Stoporev A.S., Manakov A.Y., Aladko E.Y., Altunina L.K., Bogoslovskii A.V., Strelets L.A. *Petroleum Chemistry*, 2014, Vol. 54, no. 3, pp. 171–177.
12. Horoshilov V.A., Semin V.I. *VNIIGAZ. Prirodnye i tehnogennye gazovye gidraty*, 1990, pp. 120–127.
13. Chertovskih E.O., Shic E.Ju., Ivanova I.K., Sirjaeva R.U., Vahromeev A.G. *Mezhotraslevojj institut «Nauka i obrazovanie»*, 2014, no. 3, pp. 106–109.
14. Jakushev V.S. *Prirodnyj gaz i gazovye gidraty v kriolitozone*. Moscow, Gazprom VNIIGAZ, 2009. 192 p.
15. Akhflash M., Aman Z.M., Ahn S.Y., Johns M.L., May E.F. *Chem. Eng. Sci.*, 2016, Vol. 140, pp. 337–347.
16. Delgado-Linares J.G., Majid Ahmad A. A., Sloan E.D., Koh C.A., and A.K. Sum A.K. *Energy Fuels*, 2013, Vol. 27, no. 8, pp. 4564–4573.
17. Evdokimov I.N., Eliseev N.Yu., Iktisanov V.A. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2005, Vol. 285, no. 2, pp. 795–803.
18. Greaves D., Boxall J., Mulligan J., Sloan E.D., Koh C.A. *Chem. Eng. Sci.*, 2008, Vol. 63, pp. 4570–4579.
19. Kay W.B. Density of hydrocarbon gases and vapors at high temperature and pressures // *Indust. & Eng. Chem. Research*, 1936. Vol. 28. pp. 1014–1019.

УДК 519.248

## РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ЧЕРЕЗ СЕРИЮ ПЕРЕКРЁСТКОВ

**Исмагилов Т.Р., Бояршинова И.Н., Потапова И.А.**

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Пермь, e-mail: 7118tim7118@mail.ru*

На сегодняшний день остро ощущается проблема затруднённости автомобильного движения в крупных городах. Предлагаемая работа посвящена компьютерному имитационному моделированию системы перекрёстков. Разработаны алгоритмы построения модели по заданным пользователем параметрам работы системы. Создана компьютерная программа, реализующая предложенные алгоритмы. Описание программы представлено в виде блок-схемы с пояснениями. Для разработки модели были использованы элементы теории систем массового обслуживания (СМО) и клеточных автоматов. Полагается, что перекрёсток – это СМО с четырьмя потоками заявок, каждый из которых представляет собой  $n$  одноканальных СМО с неограниченным временем ожидания. Созданная компьютерная имитационная модель позволяет исследовать поведение транспортных потоков на нескольких связанных между собой перекрёстках, оценивать влияние соседних перекрёстков друг на друга и транспортную ситуацию на каждом из них в отдельности, а также может служить базой для проведения численных экспериментов, анализа и обработки их результатов.

**Ключевые слова:** компьютерная имитационная модель, перекрёсток, многопоточная система массового обслуживания, очередь заявок

## DEVELOPING A COMPUTER IMITATIONAL MODEL OF VEHICULAR TRAFFIC THROUGH A SERIES OF INTERSECTIONS

**Ismagilov T.R., Boyarshinova I.N., Potapova I.A.**

*Perm National Research Polytechnical University, Perm, e-mail: 7118tim7118@mail.ru*

Today, the problem of constriction of vehicular traffic in major cities is very common and actual. This paper is dedicated to creation of an imitational model of an intersections system. Algorithms have been developed which facilitate creation of such model based on a list of user-supplied system-wide parameters. A computer application has been created implementing the proposed algorithms. Description of the application is presented as a flowchart with commentaries. The created model incorporates elements from queueing systems (QS) theory and cellular automata theory. The model is based on an assumption that an intersection can be represented by a QS with four inbound streams, each represented by  $n$  single-channel QS with unlimited wait time. The created computer imitational model allows examining of behavior of vehicular transport streams on multiple connected intersections, and estimating influence of neighboring intersections on a singular intersection or their mutual influence. It can also serve as a foundation for running numerical experiments.

**Keywords:** computer simulation, intersection, multi-stream queueing system, queueing

Транспортное сообщение – неотъемлемая часть нашей жизни. Каждый день миллионы людей едут в школу, в университет, на работу. Общественный и личный транспорт образуют единый транспортный поток. Это постоянное движение стало одним из символов всех крупных городов. На сегодняшний день мегаполисы переполнены автомобилями, а дороги не справляются с растущим числом автомобилей. Очевидной является необходимость расширения дорожных сетей. Зачастую тяжело принять решение о расширении, не имея данных, подтверждающих достаточность применяемых мер. Проводить натурные эксперименты в данной области слишком долго и дорого. На помощь приходит компьютерное имитационное моделирование (КИМ) [3, 8].

На сегодняшний день существует множество различных методологий моделирования транспортных потоков.

В работе [1] моделирование поведения водителя определяется модификацией известного ранее алгоритма «умного водителя», при котором положение автомобиля в пространстве описывается через координату, время, скорость и длину автомобиля. Автором работы не учитывается движение автомобилей при повороте налево. В статье [6] было уделено большее внимание описанию управления и оптимизации, нежели алгоритма моделирования. Известно, что в работе использовался дискретно-событийный подход, чтобы уменьшить время исполнения программы. Авторами статьи [9] был использован подход «Узел – функция – объект» (УФО). Метод основан на алфавите элементов, связей систем, подвергающихся анализу, а также их библиотек. Транспортный поток описывается протяжённостью, количеством автомобилей в потоке, а также параметрами, запрещающими или

разрешающими проезд налево/направо/прямо. В статье [12] предлагается изолировать проблемный участок дороги, намеренно ограничивая скорость автомобилей в том же потоке. У водителей, находящихся на проблемном участке, появляется больше времени, чтобы предотвратить образование пробки. В работе [5] автор предлагает применять к моделированию транспортных потоков электродинамический принцип. Основные параметры транспортного потока ставятся в соответствие силе тока, напряжению и сопротивлению. В работе [7] рассмотрена модель системы, учитывающая сужения и расширения дорожного пространства, а также предложены меры по предотвращению образования заторов в узких местах.

Самыми проблемными являются перекрестки – участки пересечения встречных или взаимно перпендикулярных автомобильных потоков.

В настоящей работе поставлена задача создания компьютерной имитационной модели, позволяющей исследовать поведение транспортных потоков на нескольких связанных между собой перекрестках, оценки влияния соседних перекрестков друг на друга и транспортной ситуации на каждом из них в отдельности.

Компьютерная программа моделирует проблемные участки дороги с точки зрения образования на них очередей из автомобилей. Для моделирования очередей в работе использованы элементы теории систем массового обслуживания (СМО) [2, 4, 10]. Чтобы компьютерная модель была более точной, за основу был взят микроскопический подход [11]. Для упрощения модели и уменьшения вычислительных затрат использованы элементы теории клеточных автоматов [13, 14].

#### **Основные элементы системы и их свойства**

Основными элементами системы являются: перекресток, поток, автомобиль, участок пересечения потоков.

Самым крупным элементом модели является перекресток. Каждый перекресток представляет собой СМО, с двумя обработчиками очереди и четырьмя потоками заявок. Два потока обрабатываются, два – ждут. Через некоторое время обрабатываемые потоки приостанавливаются, а ожидающие попадают на обработку. В свою очередь каждый поток представляет собой  $n$  одноканальных СМО, где  $n$  – количество полос в потоке. В каждой полосе первый ав-

томобиль обрабатывается, остальные ждут своей очереди. Основными характеристиками перекрестка являются:

- наличие в его составе восьми потоков автомобилей: четыре потока, входящих на территорию перекрестка, и четыре потока, выходящих из него;

- два параметра, отвечающие за время движения/ожидания вертикальных/горизонтальных потоков. Сумма этих параметров даёт нам время цикла работы перекрестка;

- количество полос для движения потоков автомобилей в каждом направлении.

Следующим элементом системы является автомобильный поток. В данной работе под автомобильным потоком подразумеваются все автомобили, въезжающие или выезжающие с перекрестка в одном направлении.

Характеристиками входящих потоков являются:

- количество автомобилей, которые должны повернуть налево;

- количество автомобилей, которые должны повернуть направо;

- количество автомобилей, которые должны проехать прямо.

В зависимости от имеющегося числа полос автомобили распределяются по полосам в соответствии со своей целью. Автомобили, находящиеся в одной полосе, образуют очередь. Автомобиль после въезда на перекресток не может покинуть очередь, поэтому с точки зрения теории СМО система является «системой без отказов, с неограниченным временем ожидания». В системе перекрестков нет явного обработчика очереди, эта роль возлагается на водителя каждого автомобиля. Поэтому все типичные для обработчика заявок параметры в нашем случае перекладываются на автомобили. Вот как это проявляется в свойствах автомобиля:

- время обработки заявки в данном случае – это время, которое необходимо автомобилю, чтобы выполнить манёвр поворота или проехать через перекресток прямо;

- задержка между обработками заявок – время, которое обязан выждать «второй» автомобиль в очереди после отъезда «первого», чтобы избежать столкновения с ним.

Третьим важным элементом системы является участок пересечения потоков. Без него движение происходило бы в идеальных условиях, где автомобильные потоки не пересекаются друг с другом, что противоречит устройству обычного городского перекрестка.

### Алгоритм работы программы

Первым этапом работы программы является опрос пользователя. Программой запрашиваются следующие данные: количество перекрёстков, параметры, общие для всей системы, индивидуальные параметры каждого перекрёстка. На основании полученных данных создаются элементы модели системы. Происходит процесс моделирования, по окончании которого пользователю представляется отчёт о результатах моделирования.

### Алгоритм создания модели системы

В первую очередь создаются перекрёстки, заполняются необходимые поля класса «перекрёсток», вызывается «конструктор потоков», в завершение процедуры вызывается «конструктор участка пересечения».

В конструкторе потоков создаются необходимые поля, создаются полосы, по которым будет происходить движение автомобилей, создаются автомобили, которыми заполняются полосы.

На рис. 1 представлены блок-схемы, описывающие алгоритм создания системы.



Рис. 1. Описание алгоритма создания системы:  
а – процедура создания перекрёстка; б – процедура создания потока

Создав модель системы, программа приступает к процессу моделирования. Основным параметром в процессе моделирования является время. До тех пор, пока значение параметра времени не достигнет финальной отметки, заданной пользователем, состояние системы будет обновляться путём обновления состояния всех перекрёстков в системе.

Перед обновлением состояния перекрёстка необходимо выполнить проверку:

не пора ли остановить работу текущих потоков и запустить перпендикулярные им. Если цикл светофора завершился, данные обо всех автомобилях, проехавших за этот цикл, сохраняются. Выполняется процедура обновления соответствующих потоков, в зависимости от того, какие потоки должны функционировать в текущий момент времени.

В процессе обновления состояния потока в первую очередь необходимо произвести обновление состояния участка на пересечении перед потоком. В случае, если на участке пересечения будут автомобили с предыдущей части цикла светофора, то они должны уехать в первую очередь. Лишь после этого начнут своё движение первые автомобили из потока.

Автомобиль, оказавшийся на первой позиции в очереди, во время движения своего потока должен покинуть поток. Автомобиль может начать движение, если прошло достаточно времени с момента отъезда предыдущего автомобиля.

Когда первые автомобили из потока покинут очереди, их освободившиеся места займут следующие автомобили.

Обновление состояния первого автомобиля в очереди происходит так: изменим состояние автомобиля с «ожидания» на «движение» и зафиксируем время начала движения. Эту информацию можно будет использовать при анализе результатов работы системы. Затем, в зависимости от цели автомобиля (налево/направо/прямо) и потока, в котором он расположен, сообщаем автомобилю, в какой поток он должен двигаться. Покинув поток, автомобиль

сообщает время своего отъезда следующему в очереди автомобилю, чтобы он мог соблюсти должный временной интервал во избежание столкновения. Если целью автомобиля является проезд прямо или направо, автомобиль беспрепятственно проезжает. В случае, когда автомобилю нужно проехать налево, ему может препятствовать встречный поток автомобилей. В таком случае автомобиль занимает место на пересечении потоков и ждёт возможности продолжить движение. В случае ожидания на пересечении, фиксируется изменение свойств автомобиля: его состояния и времени начала ожидания.

Блок-схемы, отображающие алгоритм моделирования работы системы, изображены на рис. 2 и 3.

Созданная программа может предоставить данные для анализа результатов работы системы. Полученные данные можно использовать для оценки пропускной способности проектируемых участков дорог или действующих перекрёстков, в случае обнаружения неполадок в работе. Программа может быть запущена с новыми параметрами системы для подтверждения оптимальности новых расчетных значений.

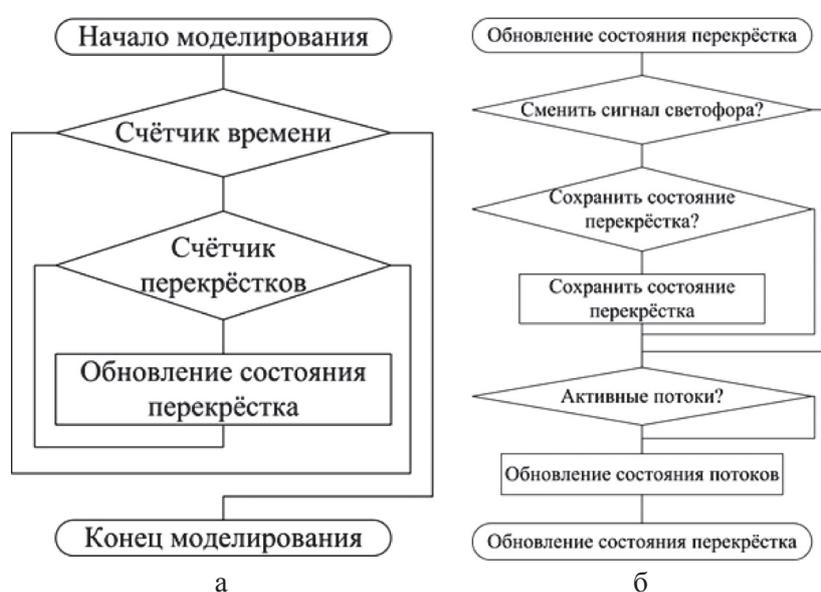


Рис. 2. Описание алгоритма моделирования:  
а – описание процедуры моделирования;  
б – описание процедуры обновления состояния перекрёстка



Рис. 3. Описание алгоритма моделирования:  
а – описание процедуры обновления потока;  
б – описание процедуры обновления состояния первого автомобиля в очереди

По окончании работы программы можно отследить общее количество машин, попавших в систему, проехавших через систему, оставшихся в очередях системы. Есть возможность узнать, сколько времени в среднем проводил автомобиль в движении или ожидании, в системе или на конкретном перекрёстке. Можно получить ту же характеристику по каждому автомобилю в отдельности.

При тестировании программы на создание системы из четырёх перекрёстков (по три полосы в каждом из четырёх направлений, по шесть автомобилей в полосе) и моделировании её работы в течение 600 секунд реального времени программе понадобилась 1 секунда. При этом было использовано 2,4 МБ памяти. Больше всего памяти понадобилось для класса «Автомобиль», самого многочисленного класса в системе. Компьютерное моделирование проводилось на процессоре Intel(R) Core(TM) i5-2520M CPU @ 2.50 GHz 2.50 GHz. Загрузка процессора не превысила 30%.

Кроме большого количества варьируемых и отслеживаемых параметров элементов системы, можно отметить её универсальность: возможность моделирования любых конкретных объектов автомобильных сетей. Предусмотрена возможность добавления дополнительного функционала и логики поведения элементов системы.

Компьютерная модель может служить базой для проведения численных экспериментов в системе и получения выходных параметров для дальнейшего анализа и обработки.

### Список литературы

1. Ахмадинуров М.М., Оптимизация светофорного регулирования с помощью программы моделирования транспортных потоков // Вестник ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2010. – № 22 (198).
2. Бояршинова И.Н., Исмагилов Т.Р., Потапова И.А., Моделирование и оптимизация работы системы массового обслуживания // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9–1. – С. 9–13.
3. Буслаев А.П., Новиков А.В., Приходько В.М., Таташев А.Г., Яшина М.В. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автотрассового движения. – М.: Мир, 2003. – 368 с.
4. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Изд-во «СОВЕТСКОЕ РАДИО», 1972. – 552 с.
5. Гальченко Г.А., Моделирование транспортных потоков на основе электродинамического принципа // Символ науки. – 2015. – № 8.
6. Голубков А.С., Царев В.А., Адаптивное управление дорожным движением на базе системы микроскопического моделирования транспортных потоков // Информационно-управляющие системы. – 2010. – № 5.
7. Кузин М.В. Особенности моделирования движения плотных групп транспортных средств с учетом изменения поперечного сечения дороги // МСим. – 2008. – № 1 (18).

8. Куприяшкин А.Г., Основы моделирования систем: учебное пособие. – 2015.

9. Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зайцева Н.О., Брусенская И.Н. Имитационное моделирование транспортных потоков с применением УФО-подхода // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2013. – № 22–1 (165).

10. Павский В.А., Теория массового обслуживания: учебное пособие. – 2008.

11. Трапезникова М.А., Чечина А.А., Чурбанова Н.Г., Поляков Д.Б., Математическое моделирование потоков автотранспорта на основе макро и микроскопических подходов // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 1.

12. Ширин Валерий Викторович. Повышение пропускной способности улично-дорожной сети города // Вестник ХНАДУ. – 2010. – № 50.

13. Cremer M., Ludwig J. A fast simulation model for traffic flow on the basis of Boolean operations // Math. Comp. Simul. – 1986. – Vol. 28. – P. 297–303.

14. Saifallah Benjaafar, Kevin Dooley, Wibowo Setyawan, Cellular Automata for Traffic Flow Modeling.

### References

1. Ahmadinurov M.M., Optimizacija svetofornogo regulirovanija s pomoshhju programmy modelirovanija transportnyh potokov // Vestnik JuUrGU. Serija: Kompjuternye tehnologii, upravlenie, radioelektronika. 2010. no. 22 (198).

2. Bojarshinova I.N., Ismagilov T.R., Potapova I.A., Modelirovanie i optimizacija raboty sistemy massovogo obsluzhivaniya // Fundamentalnye issledovanija 2015. no. 9 (chast 1) pp. 9–13.

3. Buslaev A.P., Novikov A.V., Prihodko V.M., Tatashev A.G., Jashina M.V. Veroyatnostnye i imitacionnye podhody k optimizacii avtodorozhnogo dvizhenija. M.: Mir, 2003. 368 p.

4. Ventcel E.S. Issledovanie operacij Izdatelstvo «SOVETSKOE RADIO» Moskva. 1972. 552 p.

5. Galchenko G.A., Modelirovanie transportnyh potokov na osnove jelektrodinamicheskogo principa // Simvol nauki. 2015. no. 8.

6. Golubkov A.S., Carev V.A., Adaptivnoe upravlenie dorozhnym dvizheniem na baze sistemy mikroskopeskogo modelirovanija transportnyh potokov // Informacionno-upravljajushhie sistemy. 2010. no. 5.

7. Kuzin M.V. Osobennosti modelirovanija dvizhenija plotnyh grupp transportnyh sredstv s uchedom izmenenija poperechnogo sechenija dorogi // MSiM. 2008. no. 1 (18).

8. Kuprijashkin A.G., Osnovy modelirovanija sistem // Uchebnoe posobie, 2015.

9. Matorin S.I., Zhigarev A.G., Zajceva N.O., Brusenskaja I.N. Imitacionnoe modelirovanie transportnyh potokov s primeneniem UFO-podhoda // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Jekonomika. Informatika. 2013. no. 22–1 (165).

10. Pavskij V.A., Teorija massovogo obsluzhivaniya // Uchebnoe posobie, 2008.

11. Trapeznikova M.A., Chechina A.A., Churbanova N.G., Poljakov D.B., Matematicheskoe modelirovanie potokov avtotransporta na osnove makro i mikroskopeskih podhodov // Vestnik AGTU. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika i informatika. 2014. no. 1.

12. Shirin Valerij Viktorovich. Povyshenie propusknoj sposobnosti ulichno-dorozhnoj seti goroda // Vestnik HNADU. 2010. no. 50.

13. Cremer M., Ludwig J. A fast simulation model for traffic flow on the basis of Boolean operations // Math. Comp. Simul. 1986. Vol. 28. pp. 297–303.

14. Saifallah Benjaafar, Kevin Dooley, Wibowo Setyawan, Cellular Automata for Traffic Flow Modeling.

УДК 004.75: 004.031.4

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОИСКА И АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

**Карташев Е.А., Царегородцев А.Л.**

*АУ Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий», Ханты-Мансийск, e-mail: tsaregorodtseval@uriit.ru*

В настоящее время в нашем динамично развивающемся информационном мире особую значимость приобретает способность принимать своевременные и правильные решения, которые невозможны без сбора, обработки, хранения, анализа большого объема информации и предоставления результатов их обработки пользователю. Одной из таких задач является оперативное выявление сайтов в сети Интернет, содержащих информацию, распространение которой в Российской Федерации запрещено. Перечень данной информации представлен в ч. 2 ст. 15.1 Федерального закона от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». В данной статье рассмотрено построение информационно-аналитической системы, предназначенной для оперативного поиска информации в сети Интернет, распространение которой в Российской Федерации запрещено. Предложен подход к построению информационных систем, осуществляющих поиск информации в сетях общего пользования и обработку большого объема разнородных неструктурированных данных, которые представлены в различных форматах: текст, содержащий фрагменты из нескольких документов; аудио- и видеозаписи; изображения (фотографии и рисунки).

**Ключевые слова:** анализ данных, информационно-поисковые системы, неструктурированные данные, загрузка данных с сайтов сети Интернет

## AUTOMATED INFORMATION SYSTEM SEARCH AND ANALYSIS OF INFORMATION IN THE INTERNET

**Kartashev E.A., Tsaregorodtsev A.L.**

*Ugra Research Institute of Information Technologies, Khanty-Mansiysk, e-mail: tsaregorodtseval@uriit.ru*

Today in our agile information world a capability to accept well-timed and right decisions, which are impossible without gathering, processing, storing, and analyzing big data, as well as providing results to a user, has a special meaning. One of such points is an immediate identifying of sites in Internet, which contain forbidden information (in the territory of the Russian Federation). The whole list of information, which is forbidden to distribute, is contained in the Federal law of the Russian Federation (№ 149 «About information, information technologies and information security»). Usually forbidden information is occurred on Internet sites, which are varied in technological and functional systems. In its turn forbidden information is unstructured and can be demonstrated in formats of text, which contains parts of different documents, audio and video tapes, images (photos, pictures). The article considers an approach of building information analysis systems, for immediate search of forbidden information in Internet, scanning information in public domain networks and processing big unstructured diversified data.

**Keywords:** data analysis, information retrieval systems, unstructured data, downloading data from the Internet sites

В настоящее время в нашем динамично развивающемся информационном мире особую значимость приобретает способность принимать своевременные и правильные решения, которые невозможны без сбора, обработки, хранения, анализа большого объема информации и предоставления результатов их обработки пользователю.

Одной из таких задач является оперативное выявление сайтов в сети Интернет, содержащих информацию, распространение которой в Российской Федерации запрещено. Перечень данной информации представлен в ч. 2 ст. 15.1 Федерального закона от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». Зачастую такая информация представлена на сайтах в сети Интернет, которые могут существенно различаться как по используемым в них технологиям, так

и по их функциональности. В свою очередь информация не структурирована и может быть представлена в различных форматах: текст, содержащий фрагменты из нескольких документов; аудио- и видеозаписи; изображения (фотографии и рисунки).

На рынке существует ряд информационных систем, осуществляющих подобную обработку данных и применяемых в других сферах, но информация об их структуре и применяемых методах обработки данных не раскрывается. Зачастую они предоставляются по технологии SaaS (англ. software as a service), что неприемлемо с учетом специфики обрабатываемых данных.

**Цель** данной работы – предложить структуру информационной системы, обеспечивающей возможность оперативного получения неструктурированной информации с большого количества различных



для которой определяется: время запуска, информационные ресурсы, критерии поиска документов.

3. Поиск документов – обеспечивает выполнение задач по поиску документов: периодическая проверка наличия требующих запуска задач поиска документов, выполнение задачи поиска документов в рамках которой по количеству установленных критериев поиска документов и информационных ресурсов выполняется набор действий:

а) формирование запроса на получение данных к информационному ресурсу на основе определенных критериев поиска документов и его синтаксиса;

б) направление запроса на получение данных в информационный ресурс и ожидание ответа;

в) обработка ответа информационного ресурса (запись ссылок на найденные документы в базу данных).

4. Загрузка документов – обеспечивает загрузку документа по найденной ссылке: проверка доступности документа по найденной ссылке; сравнение загруженного документа с предыдущей версией, при ее наличии (проверка на наличие изменений) в базе данных; запись загруженного документа в базу данных.

5. Анализ документов – обеспечивает автоматическую обработку загруженных документов: извлечение объектов из документа (структурированные данные: ФИО, должности, название территорий и веществ, контактная информация, события и т.д.); определение характера связи для выявленных объектов: объект – субъект, негатив – позитив и т.д.; расчет вероятности отнесения документа к различным группам документов, ранее определенных пользователем (классификация документа); выявление похожих документов (с использованием методов классификации объектов по группам за счет выявления наперед неизвестных общих признаков (введен в 1939 году Robert Tryon) [1]); уточнение критериев поиска документов на основе ранее классифицированных и кластеризованных документов.

6. Формирование отчетов – подготовка данных для отображения пользователю (выполнение операций, которые не могут быть выполнены за время ожидания пользователем отклика АИС Поиск).

7. Представление отчетов – представление данных в виде отчетов на основе определенных шаблонов с учетом предпочтений пользователя, при этом ему предоставляет-

ся возможность установки фильтра для отбора данных в него включаемых.

8. Верификация данных – подтверждаются пользователем результаты анализа документов: классификация, извлеченные объекты, установленные связи.

По результатам изучения опыта построения подобных систем, в том числе представленных в [2, 4], была выбрана модульная архитектура системы. Использование модульного подхода в качестве основы для такого инструментария позволяет не только просто строить сложные приложения, собирая их из «кирпичиков», но и обеспечивать их взаимозаменяемость для доработки программного обеспечения и расширения возможностей информационных систем. Основные преимущества модульной архитектуры этим не ограничиваются. Также к ключевым особенностям выбранного подхода к построению АИС Поиск можно отнести возможность выборочной ее компоновки, многократное использование однажды написанного кода и разработанных классов [5].

В общем виде структура АИС Поиск состоит из следующих модулей:

– База данных (совокупность средств для обеспечения хранения и доступа к найденным данным).

– Интерфейс пользователя (предоставляет инструменты пользователю для просмотра имеющихся данных и результатов их обработки, а также по управлению работой каждого из модулей).

– Подсистема анализа (осуществляет обработку (классификация, определение объектов и связей) найденных данных).

– Подсистема сбора данных (реализует заданный пользователем алгоритм работы Модулей взаимодействия (запуск, формирование параметров) и обеспечивает загрузку получаемых от них данных в Базу данных).

– Модуль взаимодействия (обеспечивает получение данных с определенного информационного ресурса в соответствии с установленными параметрами).

Все эти собранные неструктурированные данные требуется быстро анализировать, что в свою очередь невозможно без соответствующей организации хранения этих данных. Тенденции последних лет показывают, что для хранения неструктурированных данных используются современные СУБД, сочетающие в себе гибкость модели хранилища документов и строгость и простоту реляционной модели.

Например, в СУБД PostgreSQL 9.2 появилась поддержка типа данных JSON (JavaScript Object Notation), а в 9.3 добавились функции обработки значений в нём. Этот же тип данных теперь поддерживается и в MySQL начиная с версии 5.7.8. Аналогичный функционал есть и в СУБД Oracle, MSSQL.

Существует несколько подходов к хранению неструктурированных данных в информационных системах:

- непосредственно в базе данных, при этом большинство современных СУБД предусматривают для этого специализированный тип данных: JSONB в PostgreSQL, CLOB в Oracle и т.д.;

- вне базы данных (в виде файлов в соответствующих хранилищах), при этом в базе данных хранятся только ссылки на них. Основными недостатками данного варианта являются сложности с администрированием, обеспечением доступности и целостности данных. В свою очередь преимуществом данного подхода является возможность использования стандартных приложений по их обработке (просмотр), сокращение общего объема базы данных (не требуется выделять большой объем дискового пространства в одном месте), данные могут храниться на большом количестве различных серверов с небольшим объемом дискового пространства. На сегодняшний день данное направление активно поддерживается разработчиками СУБД и ведутся работы по устранению указанных недостатков, в частности в MS SQL Server 2012 появились таблицы FileTable для работы с файлами, а в Oracle – параметр SecureFiles для типа данных LOB.

Принимая во внимание, что наибольшую часть (объем) будут занимать неструктурированные данные, доступ к которым нужен будет эпизодически (на этапе загрузки для извлечения метаданных и несколько раз для демонстрации результатов пользователю), была предложена следующая структура: Файловый сервер – Драйвер доступа – СУБД.

В качестве файловых серверов было принято решение использовать сервера под управлением свободно распространяемой операционной системы Linux (Debian, или Astra Linux), а в качестве СУБД Postgres, так как она: свободно распространяемая, имеет развитые инструменты для полнотекстового поиска

и может быть сертифицирована по требованиям безопасности информации например в составе операционной системы Astra Linux.

В соответствии с предложенным подходом нами в Югорском НИИ информационных технологий была осуществлена реализация АИС Поиск, которая используется компетентными ведомствами Ханты-Мансийского автономного округа – Югры для поиска доменных имен, указателей страниц сайтов в информационно-телекоммуникационной сети Интернет и сетевых адресов, позволяющих идентифицировать сайты в информационно-телекоммуникационной сети Интернет, содержащие информацию, распространение которой в Российской Федерации запрещено.

В настоящее время было обработано более 75 тыс. ссылок, загружено в базу данных более 21 тыс. уникальных документов. Для 922 документов было определено с высокой долей вероятности, что они содержат информацию, распространение которой в Российской Федерации запрещено, более 75 % из них были включены в соответствующий реестр, который ведется Роскомнадзором в соответствии с ч. 3 ст. 15.1 Федерального закона от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».

В ходе опытной эксплуатации АИС Поиск получены положительные оценки от конечных пользователей, также ими отмечается предсказуемость появления документов в базе данных в зависимости от сформированных критериев поиска документов (результаты аналогичны полученным при ручном поиске) и снижение трудоемкости. По результатам также было рекомендовано ввести АИС Поиск в промышленную эксплуатацию.

В дальнейшем планируется проведение работ по повышению эффективности работы пользователей с АИС Поиск, в частности за счет внесения изменений в интерфейс пользователя, сокращению времени отклика системы на действия пользователя за счет предварительной подготовки данных и повышению скорости работы алгоритмов обработки данных. Планируется также проведение работ по сравнению результатов классификации документов с использованием различных алгоритмов и методов.

## Список литературы

1. Бериков В.С., Лбов Г.С. Современные тенденции в кластерном анализе // Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы». – 2008. – 26 с.
2. Ерохин Г.Н., Дружинин В.А., Царегородцев А.Л., Махнева Т.В., Огородников И.Н., Карташев Е.А. Телемедицина отложенных консультаций на примере северных регионов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2009. – Т. 7. – № 12. – С. 49–53.
3. Зеленков Ю.Г., Сегалович И.В. Сравнительный анализ методов определения нечетких дубликатов для WEB-документов // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции: труды 9-й Всероссийской научной конференции RCDL'2007: Сб. работ участников конкурса. – Т. 1. – Переславль-Залесский: «Университет города Переславля», 2007. – С. 166–174.
4. Карташев Е.А., Самков Л.М. Онлайн-аналитическая система мониторинга индикаторов жизнеобеспечения территориальных объектов Управление большими системами: сборник трудов. – 2009. – № 24. – С. 112–129.
5. Макунин, Алексей Анатольевич. Технология построения модульных автоматизированных информационных систем для сложных предметных областей и ее применение на примере информационной поддержки системы муниципального заказа органов местного самоуправления: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.11. – Томск, 2005. – 228 с.

## References

1. Berikov V.S., Lbov G.S. Sovremennye tendencii v klasterном анализе // Vserossijskij konkursnyj otbor obzorno-analiticheskikh statej po prioritetnomu napravleniyu «Informacionno-telekommunikacionnyye sistemy», 2008. 26 p.
2. Erohin G.N., Druzhinin V.A., Tsaregorodtsev A.L., Mahneva T.V., Ogorodnikov I.N., Kartashev E.A. Telemedicina otlozhennykh konsultacij na primere severnykh regionov // Informacionno-izmeritelnye i upravlyayushchie sistemy. 2009. T. 7. no. 12. pp. 49–53.
3. Zelenkov YU.G., Segalovich I.V. Sravnitelnyj analiz metodov opredeleniya nechetkih dublikatov dlya WEB-dokumentov // Trudy 9-j Vserossijskoj nauchnoj konferencii «EHlektronnye biblioteki: perspektivnye metody i tekhnologii, ehlektronnye kollekcii» RCDL2007: Sb. rabot uchastnikov konkursa. T. 1. Pereslavl- Zalesskij: «Universitet goroda Pereslavlya», 2007. pp. 166–174.
4. Kartashev E.A., Samkov L.M. Onlajnovaya informacionno-analiticheskaya sistema monitoringa indikatorov zhizneobespecheniya territorialnykh obektov Upravlenie bolshimi sistemami: sbornik trudov. 2009. no. 24. pp. 112–129.
5. Makunin, Aleksej Anatolevich. Tekhnologiya postroeniya modulnykh avtomatizirovannykh informacionnykh sistem dlya slozhnykh predmetnykh oblastej i ee primenenie na primere informacionnoj podderzhki sistemy municipalnogo zakaza organov mestnogo samoupravleniya: dissertaciya kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.13.11. Tomsk, 2005. 228 p.

УДК 004.89

**ВЫБОР СТРУКТУРЫ ДАННЫХ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГИПОТЕЗ  
В ВАРИАНТЕ ДСМ-МЕТОДА АНАЛИЗА ТЕКСТОВ****Котельников Е.В.***ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, e-mail: kotelnikov.ev@gmail.com*

В статье рассматривается интеллектуальный анализ текстов на основе ДСМ-метода обнаружения эмпирических закономерностей, включающего процедуры индукции, аналогии и абдукции. В процедуре индукции порождаются гипотезы, которые затем применяются для классификации новых текстов и объяснения исходных данных в процедурах аналогии и абдукции. При этом возникают вычислительно сложные задачи с множествами гипотез и текстовых документов, которые сводятся к операции проверки включения одной гипотезы в другую гипотезу или в текст. В статье предлагается новый способ представления гипотез и документов на основе отсортированных списков целых чисел, упорядоченных по первому элементу. Эксперименты, проведенные с применением коллекций отзывов о фильмах, книгах и фотокамерах семинара РОМИП-2011, подтверждают эффективность разработанного способа, который на 12% опережает по времени работы традиционные способы представления множеств.

**Ключевые слова:** интеллектуальный анализ текстов, ДСМ-метод, представление гипотез**THE DATA STRUCTURE SELECTION FOR HYPOTHESES REPRESENTATION  
IN THE VERSION OF TEXT ANALYSIS JSM-METHOD****Kotelnikov E.V.***Vyatka State University, Kirov, e-mail: kotelnikov.ev@gmail.com*

Text mining based on the JSM-method of empirical regularities definition, including such procedures as induction, analogy and abduction, is considered in the article. In the procedure of induction, the hypotheses are generated, which are then used to classify new texts and to explain the source data in the procedures of analogy and abduction. Thus computationally complex problems appear with sets of hypotheses and text documents, which are reduced to the operation of verification whether one hypothesis is included into another hypothesis or text. The paper proposes a new way of hypotheses and documents representation based on sorted lists of integers ordered by the first element. Experiments conducted using collections of reviews of movies, books and cameras of seminar ROMIP-2011 confirm the effectiveness of the developed method, which is 12% ahead in time of work than the traditional ways of sets representation.

**Keywords:** text mining, JSM-method, hypotheses representation

Интеллектуальный анализ текстов (text mining) в настоящее время применяется во многих областях, таких как тематическая классификация веб-сайтов, анализ тональности отзывов о товарах и организациях, разработка диалоговых систем, ранжирование выдачи поисковых систем Интернета и др. [8]. При этом используются современные методы машинного обучения и интеллектуального анализа данных, например машины опорных векторов и нейронные сети. Одним из наиболее развитых подходов является ДСМ-метод обнаружения эмпирических закономерностей [5]. ДСМ-метод назван в честь английского философа, логика и экономиста Д.С. Милля (1806–1873) и включает три основные процедуры: индукцию, аналогию и абдукцию. В контексте интеллектуального анализа текстов при этом осуществляются следующие действия [3]: в процедуре индукции генерируются гипотезы о причинах свойств анализируемых текстов, например тематики или тональности; в процедуре

анalogии эти свойства предсказываются для новых, ранее неизвестных текстов; в процедуре абдукции проверяется, объясняют ли сгенерированные гипотезы свойства исходных текстов.

Гипотеза представляет собой тройку, включающую фрагмент структуры текста (например, множество слов и словосочетаний), множество текстов, в которые входит данный фрагмент, и свойство, присутствующее у всех текстов предыдущего множества. В процедурах аналогии и абдукции должны быть реализованы различные действия с множествами текстов и гипотез, такие как формирование множества гипотез, соответствующих заданному тексту, или удаление гипотез, входящих в тексты с противоположными свойствами. Указанные действия основаны на операции проверки включения одной гипотезы в другую гипотезу или в текст, которая, в свою очередь, сводится к операции проверки включения множеств. Неэффективная реализация данной операции способна привести к невозможности

использования ДСМ-метода для интеллектуального анализа в случае больших текстовых коллекций.

В настоящей статье предлагается структура данных, на основе которой возможна эффективная реализация операции проверки включения множеств, что подтверждается экспериментальным исследованием. При этом используются стандартные структуры данных языка C#.

### Постановка задачи

Множество **B** есть подмножество множества **A**, если всякий элемент **B** есть элемент **A** [1, с. 33]. Также говорят, что **B** включено в **A**. При этом используется обозначение:  $B \subset A$ .

В работе рассматривается следующая постановка задачи: дано множество гипотез, представленных своими фрагментами, и множество текстов (или других гипотез). Требуется установить, является ли первое множество подмножеством второго (проверка включения множеств). При проверке включения используются только текстовые фрагменты гипотез.

### Структуры данных

В работе были исследованы следующие структуры данных для представления гипотез и документов: хэш-таблицы, содержащие строки и целые числа, отсортированные списки строк и целых чисел, фильтры Блума.

#### 1. Хэш-таблицы, хранящие строки

Хэш-таблица – это эффективная структура данных для реализации словарей [2, с. 285]. При представлении гипотезы (или документа) важен факт наличия или отсутствия во фрагменте, принадлежащем гипотезе, конкретного слова, поэтому все значения, хранящиеся во фрагменте, являются уникальными и для их представления может быть использована хэш-таблица. В языке C# хэш-таблица, хранящая строки, описывается следующим типом данных: `HashSet<string>`. Операция проверки включения одной хэш-таблицы в другую является для этого типа стандартной (`IsSubsetOf`).

#### 2. Хэш-таблицы, хранящие целые числа

Обработка строковых переменных (тип `string` языка C#), в которых хранятся слова (словарные формы), может быть менее эффективной по сравнению с обработкой целочисленных переменных. Поэтому было

рассмотрено представление слов при помощи целочисленных идентификаторов: каждое слово имеет уникальный идентификатор. Для отображения идентификатора в слово необходимо поддерживать ассоциативный массив, содержащий коллекцию пар <идентификатор, слово>. В языке C# хэш-таблица, хранящая целые числа, представляется типом данных `HashSet<int>`.

### 3. Отсортированные списки строк

Если хранить фрагменты гипотез (документы) в виде отсортированных списков слов (строк), то операцию проверки включения одного фрагмента в другой можно эффективно реализовать на основе алгоритма слияния [4, с. 30]: элементы списков последовательно сравниваются либо до конца наименьшего из списков, либо до первого несовпадения (модифицированный в работе алгоритм слияния, реализующий эту идею для целых чисел, приведен на рис. 1). При этом следует учитывать накладные расходы на сортировку элементов списков, но для быстрой сортировки (Quick Sort) [2, с. 198] такие расходы на практике оказываются невелики. Список строк в языке C# представляется типом данных `List<string>`.

### 4. Отсортированные списки целых чисел

В этой структуре данных объединены две ранее рассмотренные идеи: во-первых, представление слов в виде целочисленных идентификаторов, во-вторых, использование для хранения этих идентификаторов отсортированных списков (алгоритм слияния). Алгоритм проверки включения гипотез (документов) для такого представления приведен на рис. 1.

На C# тип данных для списка целых чисел выглядит следующим образом: `List<int>`.

### 5. Отсортированные списки целых чисел, упорядоченные по первому элементу

В работе предлагается новый способ представления множества гипотез (документов): каждая гипотеза (документ) хранится в виде отсортированного списка целых чисел (как и в предыдущем пункте), все гипотезы (документы) множества содержатся в коллекции списков; при этом списки в коллекции упорядочены по возрастанию первого элемента (см. рис. 2).

Такое представление позволяет реализовать эффективный алгоритм проверки включения множеств (рис. 3).

<b>Contains</b> ( $h_1, h_2$ )	
<i>Входные данные:</i> $h_1$ – гипотеза (документ), которую следует проверить на включение в гипотезу (документ) $h_2$ ; $h_2$ – гипотеза (документ), для которой осуществляется проверка включения гипотезы (документа) $h_1$ ; Обе гипотезы представлены в виде отсортированных по возрастанию списков целых чисел; $ h $ – количество элементов гипотезы $h$ .	
1	<b>если</b> $ h_1  >  h_2 $ <b>тогда:</b>
2	<b>вернуть</b> <i>false</i> ;
3	$i = 1, j = 1$ ;
4	<b>пока</b> $i \leq  h_1 $ :
5	<b>если</b> $j >  h_2 $ <b>тогда:</b>
6	<b>вернуть</b> <i>false</i> ;
7	<b>если</b> $h_1(i) = h_2(j)$ <b>тогда:</b>
8	$i = i + 1$ ;
9	$j = j + 1$ ;
10	<b>иначе:</b>
11	<b>если</b> $h_1(i) > h_2(j)$ <b>тогда:</b>
12	$j = j + 1$ ;
13	<b>иначе:</b>
14	<b>вернуть</b> <i>false</i> ;
15	<b>вернуть</b> <i>true</i> .
<i>Результат работы:</i> если $h_1 \subseteq h_2$ , тогда возвращается <i>true</i> , иначе – <i>false</i> .	

Рис. 1. Алгоритм проверки включения гипотез (документов)



Рис. 2. Пример внутреннего представления гипотез (документов)

### 6. Фильтры Блума (Bloom filter)

Эта структура данных была предложена в 1970 г. Б. Блумом для компактного представления множеств на основе хэш-таблиц [6]. Для хранения данных используется битовый массив, а для представления элементов множеств в этом массиве применяется  $k$  хэш-функций, равномерно отображающих элементы на биты массива. При проверке присутствия элемента в фильтре Блума есть

вероятность ложноположительного ответа, т.е. элемент отсутствует, а фильтр сообщает о его наличии; при этом ложноотрицательные ответы невозможны. Вероятность неправильного ответа прямо пропорциональна размеру битового массива и обратно пропорциональна количеству добавленных элементов. Для экспериментального исследования на языке C# был реализован класс BloomFilter.

У всех рассмотренных структур данных временная сложность операции проверки включения составляет в худшем случае  $O(N)$ , поэтому для выбора наиболее эффективной структуры требуется проведение экспериментов.

### Экспериментальное исследование

Экспериментальное исследование структур данных осуществлялось на основе текстовых коллекций отзывов о фильмах, книгах и фотокамерах семинара РОМИП-2011, подготовленных для задачи анализа тональности текстов [7]. При этом для позитивной и негативной тональностей в процессе индуктивного вывода были сгенерированы три пары множеств позитивных и негативных гипотез. Случайным образом из порожденных множеств для каждой предметной области были отобраны по 20 000 позитивных и 20 000 негативных гипотез.

Измерялось время проверки включения множества негативных гипотез в множество позитивных гипотез. Для каждой предметной области проводилось по пять тестов, результаты которых усреднялись.

Затем вычислялось среднее время выполнения операции по всем трем предметным областям. Результаты экспериментов приведены в таблице.

Результаты экспериментального исследования структур данных для операции проверки включения множеств

Структура данных	Среднее время, с
Хэш-таблицы, хранящие строки	23,4
Хэш-таблицы, хранящие целые числа	28,5
Отсортированные списки строк	43,7
Отсортированные списки целых чисел	8,6
Отсортированные списки целых чисел, упорядоченные по первому элементу	7,7
Фильтры Блума	43,9

Из таблицы видно, что наименьшее время работы оказывается в случае представления данных на основе отсортированных списков целых чисел, упорядоченных по первому элементу, с алгоритмом проверки включения множеств, приведенным на рис. 3. Отсортированные списки целых чисел заняли второе место с отставанием

<b>IncludesIn(Set<sub>1</sub>, Set<sub>2</sub>)</b>
<p><i>Входные данные:</i>  <b>Set<sub>1</sub></b> – множество гипотез (документов), каждую из которых следует проверить на включение во все гипотезы множества <b>Set<sub>2</sub></b> ;  <b>Set<sub>2</sub></b> – множество гипотез (документов), для которых осуществляется проверка включения гипотез из множества <b>Set<sub>1</sub></b> .  Гипотезы в обоих множествах представлены в соответствии с примером на рис. 2.</p>
<pre> 1  Инициализируется список пар гипотез: P = ∅; 2  для i от 1 до  Set<sub>1</sub> : 3      h<sub>1</sub> = Set<sub>1</sub>(i);           // первая гипотеза из Set<sub>1</sub> 4      first<sub>1</sub> = h<sub>1</sub>(1);         // первый элемент гипотезы h<sub>1</sub> 5      j = 1; 6      h<sub>2</sub> = Set<sub>2</sub>(j);           // первая гипотеза из Set<sub>2</sub> 7      first<sub>2</sub> = h<sub>2</sub>(1);         // первый элемент гипотезы h<sub>2</sub> 8      пока (j ≤  Set<sub>2</sub> ) and (first<sub>1</sub> ≥ first<sub>2</sub>): 9          если Contains(h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>) тогда: 10             P = P ∪ {h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>}; 11             j = j + 1; 12             h<sub>2</sub> = Set<sub>2</sub>(j); 13             first<sub>2</sub> = h<sub>2</sub>(1) . </pre>
<p><i>Результат работы процедуры:</i>  множество <b>P</b>, включающее пары гипотез: первая гипотеза из пары входит во вторую гипотезу: <b>P</b> = {(h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>)   h<sub>1</sub> ⊆ h<sub>2</sub>}.</p>

Рис. 3. Алгоритм проверки включения множеств

от лидера на 12%. Существенно дольше работают структуры данных на базе хэш-таблиц (отставание от первых двух мест в 3–4 раза). Это связано с большим числом коллизий при хранении гипотез [2, с. 289]. Наконец, наибольшее время работы демонстрируют отсортированные списки строк и фильтры Блума. Для первой структуры данных причина невысоких результатов заключается в более высокой вычислительной сложности сравнения строк по сравнению с целыми числами. На продолжительности работы фильтров Блума негативно сказывается необходимость вычисления нескольких хэш-функций и разрешение ситуаций ложноположительных ответов.

Кроме перечисленных также исследовались другие структуры данных, входящие в состав языка C# и платформы .NET: `BitArray`, `SortedSet<string>`, `SortedSet<int>`, однако время их работы оказалось на порядок больше, чем у рассмотренных структур, поэтому в таблице они не представлены.

### Заключение

В статье предложен новый способ представления гипотез и документов на основе отсортированных списков целых чисел, упорядоченных по первому элементу. Эксперименты, проведенные с применением коллекций отзывов о фильмах, книгах и фотокамерах семинара РОМИП-2011, подтвердили эффективность разработанного способа.

В перспективе планируется исследовать характеристики предложенного способа при параллельной реализации.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-07-00342а).*

### Список литературы

1. Белоусов А.И. Дискретная математика: учеб. для вузов / А.И. Белоусов, С.Б. Ткачев. – 3-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 744 с.
2. Кормен Т.Х. Алгоритмы: построение и анализ / Т.Х. Кормен, Ч.И. Лейзерсон, Р.Л. Ривест, К. Штайн. – 3-е изд. – М.: ООО «ИД Вильямс», 2013. – 1328 с.
3. Котельников Е.В. Классификация отзывов о фильмах с использованием ДСМ метода / Е.В. Котельников // В мире научных открытий. – 2013. – № 6.1 (42). – С. 225–242.
4. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов. – СПб.: Питер, 2000. – 304 с.
5. Финн В.К. Обнаружение эмпирических закономерностей в последовательностях баз фактов посредством ДСМ рассуждений // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2015. – № 8. – С. 1–29.
6. Bloom B.H. Space/Time Trade-offs in Hash Coding with Allowable Errors // Communications of the ACM. – 1970. – Vol. 13(7). – P. 422–426.
7. Chetviorkin I. Sentiment Analysis Track at ROMIP 2011 / I. Chetviorkin, P. Braslavskiy, N. Loukachevitch // Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Papers from the Annual International Conference «Dialogue». – 2012. – № 11(18). Vol. 2. – P. 1–14.
8. Mining Text Data / Aggarwal C.C., Zhai C. (eds.), Springer, 2012. – 522 p.

### References

1. Belousov A.I. *Diskretnaja matematika* [Discrete mathematics]. Moscow, BMSTU Publ., 2004. 744 p.
2. Cormen T.H. *Algoritmy: postroenie i analiz* [Introduction to Algorithms]. Moscow, Vil'jams Publ., 2013. 1328 p.
3. Kotelnikov E.V. *V mire nauchnyh otkrytij*, 2013, no. 6.1(42), pp. 225–242.
4. Novikov F.A. *Diskretnaja matematika dlja programmistov* [Discrete mathematics for programmers]. St. Petersburg, Piter, 2000. 304 p.
5. Finn V.K. *NTI. Ser. 2. Informacionnye processy i sistemy*, 2015, no. 8, pp. 1–29.
6. Bloom B.H. *Communications of the ACM*, 1970, Vol. 13(7), pp. 422–426.
7. Chetviorkin I., Braslavskiy P., Loukachevitch N. *Annual International Conference «Dialogue»*, 2012, no. 11(18), Vol. 2, pp. 1–14.
8. *Mining Text Data* / Aggarwal C.C., Zhai C. (eds.), Springer, 2012.

УДК 621.74.06

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ КРИСТАЛЛИЗУЮЩЕЙСЯ ЗАГОТОВКИ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ МАШИНЕ ПОЛУНЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ

<sup>1</sup>Крюков И.Ю., <sup>2</sup>Наумова М.Г., <sup>3</sup>Вдовин К.Н., <sup>3</sup>Ларина Т.П.

<sup>1</sup>Представительство компании *thyssenkrupp AG* в Российской Федерации, Москва,  
e-mail: *ir.kryukov@gmail.com*;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,  
Москва, e-mail: *qwerty-rita@yandex.ru*;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова»,  
Магнитогорск, e-mail: *vdovin@magtu.ru*

Настоящая статья посвящена разработке математической модели, описывающей тепловое состояние и процесс кристаллизации заготовки прямоугольного поперечного сечения в процессе её вытяжки из горизонтальной машины полунепрерывного литья заготовок (ГМПЛЗ). В разработанной модели были учтены теплофизические свойства разливаемого цветного металла, его температура на входе в кристаллизатор, режим охлаждения заготовки в графитовом кристаллизаторе при наличии медного водоохлаждающего устройства. Кроме того, учитывалась асимметрия теплопередачи от верхней и нижней частей слитка в кристаллизатор, возникающая за счет усадки слитка и особенностей конструкции горизонтального кристаллизатора. Разработанная математическая модель позволяет определить для затвердевающей заготовки, как изменяются по времени: температурное поле затвердевающего слитка при различных технологических режимах работы ГМПЛЗ; границы твердой – двухфазной и жидкой – двухфазной областей; изменение толщины заготовки в процессе усадки материала слитка.

**Ключевые слова:** математическая модель, горизонтальное полунепрерывное литье, тепловое состояние, цветные металлы, температурные поля, графитовый кристаллизатор

## DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF THERMAL STATE OF CRYSTALLIZING BLANK RECTANGULAR IN SHAPE IN HORIZONTAL SEMI-CONTINUOUS CASTING MACHINE

<sup>1</sup>Kryukov I.Yu., <sup>2</sup>Naumova M.G., <sup>3</sup>Vdovin K.N., <sup>3</sup>Larina T.P.

<sup>1</sup>Representative Office of *thyssenkrupp AG* in the Russian Federation,  
Moscow, e-mail: *ir.kryukov@gmail.com*;

<sup>2</sup>National University of Science and Technology MISiS, Moscow, e-mail: *qwerty-rita@yandex.ru*;

<sup>3</sup>Magnitogorsk State Technical University after Nosov (National Research University), Magnitogorsk,  
e-mail: *vdovin@magtu.ru*

This article is dedicated to the development of a mathematical model that describes thermal state and the process of crystallization of a blank rectangular in shape during its extraction from horizontal semi-continuous casting machine. By development of the model the thermal properties of the cast nonferrous metal, its temperature at the inlet of the mold, cooling conditions in the graphite mold having a copper water-cooled device were taken into account. Moreover, the asymmetry of a heat transfer from the upper and lower parts of the crystallizing ingot was considered, which arises due to the shrinkage of the ingot and specific design of the horizontal mold. The developed mathematical model allows to determine how the following aspects are changing over the time: temperature field of crystallizing ingot at different technological modes of horizontal semi-continuous casting machine; frontiers of solid/two-phase and liquid/two-phase fields; ingot thickness change during shrinkage of ingot material.

**Keywords:** mathematical model, horizontal semi-continuous casting, thermal state, nonferrous metals, temperature field, graphite mold

Разрабатываемая математическая модель предназначена для изучения теплового состояния кристаллизующейся заготовки прямоугольного сечения в горизонтальной машине полунепрерывного литья заготовок (ГМПЛЗ), в качестве которого используется сплав 960 пробы серебра [1, 7].

Рассмотрим кристаллизатор ГМПЛЗ для отливки прямоугольного сечения [2, 8]. Особенностью его конструкции яв-

ляется наличие нижней и верхней частей для графитового кристаллизатора и медного охлаждающего устройства (рис. 1). Основные геометрические размеры графитового кристаллизатора показаны на рис. 2, а медного охладителя – на рис. 3 [3]. Для получения отливки прямоугольного сечения 200×20 мм используется графитовый кристаллизатор и медный охладитель.

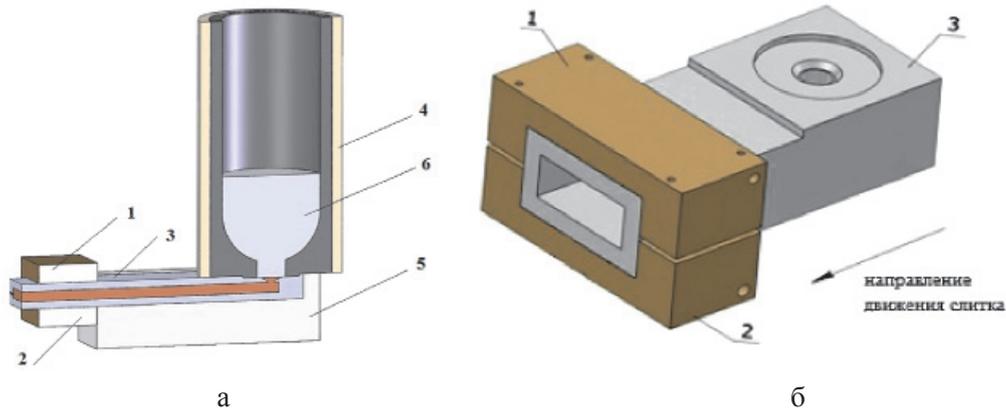


Рис. 1. Общий вид ГМПЗ для получения заготовок прямоугольного сечения (а) и графитовый кристаллизатор с медным охладителем (б):

1 – верхняя часть охлаждающего устройства; 2 – нижняя часть охлаждающего устройства; 3 – верхняя часть графитового кристаллизатора; 4 – тигель; 5 – теплоизолятор; 6 – расплав

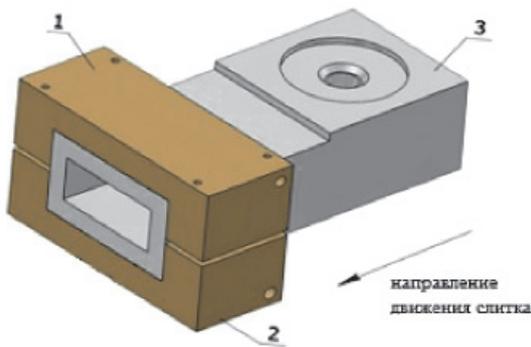


Рис. 2. Основные размеры ГМПЗ

Известно, что в жидкой фазе (жидком ядре слитка) тепло переносится не только теплопроводностью, но и конвекцией, например по данным работ по изучению теплового состояния слитка в кристаллизаторах МНЛЗ [4–6]. Причинами этого являются естественная конвекция перегретого расплава, перемешивание распла-

ва струей подаваемого жидкого металла, электромагнитные и другие воздействия на жидкое ядро слитка. Движение расплава в незатвердевшей части слитка существенно усложняет расчет затвердевания слитка, поскольку для корректного учета явлений тепло- и массопереноса в жидкой фазе необходимо, наряду с уравнением теплопроводности, принимать во внимание систему уравнений движения жидкости и неразрывности [4].

Упрощение задачи достигается при введении эффективного коэффициента теплопроводности жидкой фазы  $\lambda_{эф}$ , значение которого увеличено по сравнению с коэффициентом молекулярной теплопроводности  $\lambda_{ж}$  в определенное число раз:

$$\lambda_{эф} = \epsilon_k \lambda_{ж},$$

где  $\epsilon_k$  – коэффициент конвекции, зависящий от интенсивности движения расплава. Ввиду низкой начальной скорости струи металла в ГМПЗ принимаем  $\epsilon_k = 1-2$  [4]. Таким

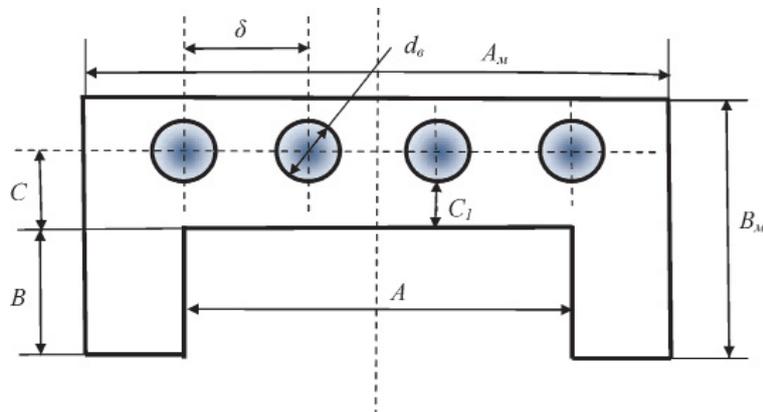


Рис. 3. Основные размеры медного охлаждающего устройства

образом, эффективная теплопроводность жидкой фазы может превышать теплопроводность неподвижной фазы. Возрастание эффективной теплопроводности в жидком металле при его перемешивании приводит к увеличению теплоотдачи на фронте фазового перехода, разогреву твердой фазы и соответственно увеличению теплоотдачи на поверхности слитка.

При работе в установившемся режиме рассматриваемый графитовый кристаллизатор ГМПЛЗ в разных точках имеет температуру от 100 до 600 °С. Для этого диапазона температур для теплопроводности  $\lambda_\lambda$  получено уравнение линейной регрессии:

$$\lambda(t) = 127,28 - 0,11657t, \text{ Вт/(м·К)},$$

где  $\lambda_\lambda$  – коэффициент теплопроводности для графита в направлении перпендикулярном прессованию.

С его использованием среднеинтегральное значение теплопроводности в этом диапазоне температур составляет

$$\lambda_r = \bar{\lambda} = \frac{1}{600-100} \int_{100}^{600} \lambda(t) dt \approx 86,5 \text{ Вт/(м·К)}.$$

Известно, что серебро и его сплавы можно отливать при температуре всего лишь на 50 градусов выше температуры ликвидуса. Скорость разливки или скорость вытяжки в общем случае зависит от ширины заготовки, температуры расплава на входе в кристаллизатор и свойств металла. Основным фактором, определяющим скорость разливки, является толщина твердой корки на выходе из кристаллизатора. Скорость воды в каналах в общем случае зависит от ширины  $a$ , толщины  $b$  заготовки и скорости разливки  $v$  (таблица).

#### Основные допущения и ограничения математической модели

Задачу затвердевания заготовки решаем в декартовой системе координат. За начало

отсчета принимаем середину нижней стороны прямоугольника вертикального сечения внутреннего канала кристаллизатора, проходящего через ось тигля. Расположение осей координат и направление движения слитка  $\vec{v}$  показано на рис. 4. Видно, что в общем случае областью моделирования тепловых процессов является параллелепипед  $ABCD A' B' C' D'$ .

При разработке математической модели теплового состояния слитка были приняты следующие допущения и ограничения:

1. Принимаем, что температура в данной точке слитка в стационарном режиме разливки не зависит от времени (в системе отсчета, связанной с Землей), то есть рассматриваем квазистационарный тепловой режим.

2. Считаем, что температура существенно меняется вдоль осей  $x$  и  $z$ . Дело в том, что толщина слитка  $b$  существенно меньше его ширины  $a$ , конструкция кристаллизатора и охладителя такова, что охлаждение более интенсивное со стороны граней  $BB' C' C$  и  $AA' D' D$  (рис. 3 и 4). Граничные условия на боковой грани  $ABCD$  такие же, как на  $A' B' C' D'$ , то есть наблюдается симметрия температурных полей относительно плоскости  $EFGH$ , в которой  $dT/dy = 0$ . Для достижения поставленных задач моделирования с целью упрощения принимается  $dT/dy \ll dT/dx$ . Рабочей областью моделирования теплового состояния слитка является прямоугольник  $EFGH$ .

3. Для затвердевания жидкого металла используется квазиравновесная модель, при этом считается, что в двухфазной зоне отсутствует диффузионное переохлаждение.

4. В зоне охлаждения медным охладителем на его границе с графитовым кристаллизатором принимаем среднее значение коэффициента теплоотдачи, зависящего от конструкции охладителя и параметров охлаждающей воды.

#### Основные технологические параметры процесса вытяжки слитка из ГМПЛЗ

№ п/п	Наименование величины	Обозначение	Единица измерения	Величина
1	Перегрев расплава на выходе из плавильного тигля над точкой ликвидус	$\Delta T_0$	°С	50100
2	Температура расплава на выходе из плавильного тигля	$T_0 = T_l + \Delta T_0$	°С	9201020
3	Скорость разливки	$v$	см/мин	1020
4	Температура охлаждающей воды	$t_b$	°С	25
5	Скорость воды в каналах	$W_b$	м/с	14

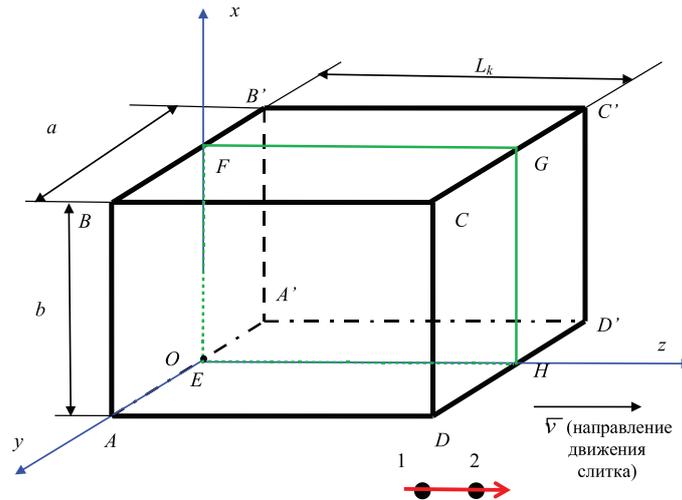


Рис. 4. Область моделирования теплового состояния слитка и выбранная декартова система координат

5. Считаем, что в направлении оси  $Oz$  тепло передается только конвекцией. Покажем это. Определяющим для соотношения роли конвекции и теплопроводности является число Пекле:

$$Pe = Re \cdot Pr = \frac{W_z \Delta z}{a},$$

где  $\Delta z$  – характерный размер вдоль движения, где наблюдается градиент температур  $dT/dz$ , это расстояние можно оценить как  $L_k \approx 330 \text{ мм} = 0,33 \text{ м}$ ;  $W_z = v$  – скорость разливки.

Минимальная скорость разливки  $W_z = v = 10 \text{ см/мин} = 16,6 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$ , коэффициент температуропроводности для твердой фазы вблизи  $T_s$  равен  $a = 1,22 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ . При этих условиях  $Pe \approx 5$ . Известно, что при  $Pe > 1$  можно пренебречь распространением тепла за счет теплопроводности. Это означает, что если выбрать любые две точки 1 и 2, имеющие одинаковые координаты  $x, y$  и разные координаты  $z$  ( $z_2 > z_1$ ), то температура второй точки зависит от температуры первой, а температура первой не зависит от второй при выбранном направлении движения слитка (рис. 4).

#### Математическая модель теплового состояния слитка

В основе математической модели теплового состояния слитка лежит нелинейное уравнение теплопроводности, которое дополняется начальными и граничными условиями; при этом учет теплоты затвердевания производится с помощью квазиравновесной теории двухфазной зоны.

Согласно первому и второму допущениям распределение температуры в затвердевающем слитке в системе отсчета, связанной с Землей, описывается стационарным уравнением энергии с учетом внутреннего источника тепла:

$$\begin{aligned} \text{ср}v \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q_v(x, y, z, \tau). \end{aligned} \quad (1)$$

Выделим в двухфазной зоне слитка контрольный объем  $V_0$  и введем в рассмотрение относительное количество твердой фазы  $\Psi = \frac{V_{\text{тв}}}{V_0}$  – отношение объема, занимаемого твердой фазой, к полному объему выделенного элемента двухфазной зоны (доля твердой фазы). Параметр  $\Psi$  для жидкой фазы равен нулю  $\Psi|_{T=T_l} = 0$ , для полностью затвердевшей части слитка равен единице  $\Psi|_{T=T_s} = 1$  и для двухфазной зоны изменяется от нуля до единицы,  $T_s, T_l$  – температура солидуса и ликвидуса материала заготовки соответственно [4].

Будем полагать, что функция источника тепла  $q_v(x, y, z, \tau)$  прямо пропорциональна локальной скорости затвердевания расплава  $q_v(x, y, z, \tau) = \rho L \frac{\partial \Psi}{\partial \tau}$ , причем удельная теплота плавления  $L$  играет роль коэффициента пропорциональности.

Рассмотрим тепловое состояние тела в системе координат, связанной с произвольным сечением заготовки, движущимся вместе со слитком. Учитывая соотношение  $dz/d\tau = v$ , получим

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau} - \rho L \frac{\partial \psi}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right). \quad (2)$$

Скорость затвердевания расплава  $\partial \psi / \partial \tau$  в уравнении (2) в общем случае определяется закономерностями роста кристаллов в переохлажденном расплаве. Однако в настоящее время закономерности зарождения и роста кристаллов для большинства металлов и сплавов изучены недостаточно полно. В связи с этим скорость затвердевания расплава определяется на основе гипотезы о квазиравновесном протекании процесса затвердевания [4]. Согласно этой гипотезе, если кристаллизация сплава идет довольно медленно, то есть полностью протекают процессы диффузионного обмена примесью между жидкой и твердой фазами, а также внутри самих фаз, то соблюдается равновесный процесс кристаллизации сплава и относительное количество твердой фазы, находящейся в равновесии с жидкостью при температуре  $T$ , может быть определено из диаграммы состояния сплава по правилу рычага.

В наиболее простом случае сечение твердой фазы  $\psi$  определяется кусочно-непрерывной функцией, график которой представлен на рис. 5.

$$\psi(T) = \begin{cases} 0, & \text{при } T > T_l; \\ \frac{T_l - T}{T_l - T_s}, & \text{при } T_s \leq T \leq T_l; \\ 1, & \text{при } T < T_s. \end{cases} \quad (3)$$

$$C_3(T) = \begin{cases} C_{ж}, & \text{при } T > T_l; \\ C_T(T_s)\psi + C_{ж}(T_l)(1-\psi) - L \frac{\partial \psi}{\partial \tau}, & \text{при } T_s \leq T \leq T_l; \\ C_T(T), & \text{при } T < T_s; \end{cases} \quad (6)$$

$$\lambda(T) = \begin{cases} \varepsilon_k \lambda_{ж}, & \text{при } T > T_l; \\ \lambda_{\tau} + \frac{\varepsilon_k \lambda_{ж} - \lambda_{\tau}}{T_l - T_s} (T - T_s), & \text{при } T_s \leq T \leq T_l; \\ \lambda_{\tau}, & \text{при } T < T_s; \end{cases} \quad (7)$$

$$\rho(T) = \begin{cases} \rho_{ж}, & \text{при } T > T_l; \\ \rho_T \psi + \rho_{ж} (1 - \psi), & \text{при } T_s < T < T_l; \\ \rho_T(T), & \text{при } T < T_s. \end{cases} \quad (8)$$

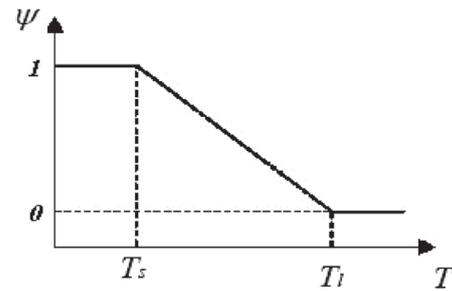


Рис. 5. Вид функции относительного содержания твердой фазы  $\psi(T)$

В этом случае темп кристаллизации сплава внутри интервала от  $T_l$  до  $T_s$  является постоянной величиной, равной

$$\frac{\partial \psi}{\partial T} = -\frac{1}{T_l - T_s}. \quad (4)$$

С учетом допущения о возможности пренебречь распространением тепла за счет теплопроводности в направлении  $Oz$  и используя подстановку

$$\frac{\partial \psi}{\partial \tau} = \frac{\partial \psi}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial \tau},$$

уравнение (2) можно записать как

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} \rho \left( c - L \frac{\partial \psi}{\partial T} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right)$$

или более подробно

$$\rho C_3 \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial \lambda}{\partial x} \frac{\partial T}{\partial x} + \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad (5)$$

где  $\tau = 0 - L_k / v$ ;  $C_3$ ,  $\lambda$ ,  $\rho$  – эффективная теплоемкость, теплопроводность и плотность материала затвердевающего слитка.

Эффективная теплоемкость, теплопроводность и плотность материала затвердевающего слитка представляются кусочно-непрерывными функциями [5]:

Для решения краевой задачи уравнение (5) необходимо дополнить начальным и граничными условиями.

Начальное условие определяет температурное поле расплава в начальный момент времени на выходе из плавильного тигля (при  $\tau = 0, 0 < x < b$ )

$$T(x, 0) = T_0 = T_L + \Delta T_0. \quad (9)$$

На сторонах  $FG$  и  $EH$  слитка (рис. 4), находящихся в контакте с рабочей стенкой кристаллизатора, задаются следующие граничные условия.

Для определения граничного условия при теплоотдаче от затвердевающей жидкости использовался метод конечных объемов. Для элемента объема, имеющего форму параллелепипеда  $f \Delta x$ , лежащего вблизи поверхности охлаждающей стенки площадью  $f$ , должно выполняться условие теплового баланса. Количество отводимого тепла кристаллизатором  $q$  при температуре металла выше  $T_s$  равно количеству тепла фазового перехода, описываемого эффективной теплоемкостью элемента объема  $C_{эф} \Delta x \rho dT/d\tau$ , и количеству тепла, переданного из объема расплава  $-\lambda \partial T/\partial x$ .

Исходя из этого граничные условия: для  $x = b, z = \tau \cdot v$  при  $T > T_s$ ,

$$q_{up}(z) = C_s \cdot \Delta x \cdot \rho \frac{dT}{d\tau} - \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=b};$$

при  $T \leq T_s$ ,

$$q_{up}(z) = \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=b}; \quad (10)$$

для  $x = 0, z = \tau \cdot v$

при  $T > T_s$ ,

$$q_{dn}(z) = C_s \cdot \Delta x \cdot \rho \frac{dT}{d\tau} - \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0};$$

при  $T \leq T_s$ ,

$$q_{dn}(z) = \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0}, \quad (11)$$

где  $q_{up}(z), q_{dn}(z)$  – тепловые потоки в кристаллизатор с верхней и нижней поверхностей слитка.

Таким образом, полученные уравнения (5)–(11) составляют математическую модель теплового состояния слитка в ГМПЛЗ.

В результате проведенной работы развита математическая модель, описывающая тепловое состояние и процесс кристаллизации заготовки из драгоценного сплава, отливаемого на ГМПЛЗ небольшой производительности и позволяющая определить для затвердевающей заготовки, как изменится по времени температурное поле слитка при различных технологических режимах работы ГМПЛЗ.

### Список литературы

1. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах: справ. изд. – М.: Металлургия, 1989. – 384 с.
2. Кристаллизатор горизонтальной машины непрерывного литья заготовок из цветных металлов и сплавов: пат. 122052 Рос. Федерация № 2012122677/02; опубл. 20.11.12, Бюл. № 32.
3. Охлаждающее устройство кристаллизатора горизонтальной машины непрерывного литья заготовок из цветных металлов и сплавов: пат. 120901 Рос. Федерации № 2012118969/02; опубл. 10.10.2012, Бюл. № 28.
4. Самойлович Ю.А. Тепловые процессы при непрерывном литье стали. – М.: Металлургия, 1982. – 152 с.
5. Цаплин А.И. Теплофизика в металлургии: учеб. пособие. – Пермь: Из-во Пермского гос. техн. ун-та, 2008. – 230 с.
6. Gorbatyuk S.M., Gerasimova A.A., Radyuk A.G. Using the coating for the diffusion layer obtaining on the walls of the mold (CCM) // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – Vol. 9. – P. 1085–1088.
7. Bast J., Gorbatyuk S.M., Kryukov I.Yu. Horizontal HCC-12000 unit for the continuous casting of semi finished products // Metallurgist. – 2011. – Vol. 55. – № 1–2. – P. 116–118.
8. Bast J., Gorbatyuk S.M., Kryukov I.Yu. Study of the temperature fields in the mold of a horizontal continuous caster // Metallurgist. – 2011. – Vol. 55. – № 3–4. – P. 163–166.

### References

1. Zinovev V.E. Teplofizicheskie svojstva metallov pri vysokih temperaturah: sprav. izd. M.: Metallurgija, 1989. 384 p.
2. Kristallizator gorizontальной mashiny nepreryvnogo litja zagotovok iz cvetnyh metallov i splavov: pat. 122052 Ros. Federacija no. 2012122677/02; opubl. 20.11.12, Bjul. no. 32.
3. Ohlazhdajushhee ustrojstvo kristallizatora gorizontальной mashiny nepreryvnogo litja zagotovok iz cvetnyh metallov i splavov: pat. 120901 Ros. Federacii no. 2012118969/02; opubl. 10.10.2012, Bjul. no. 28.
4. Samojlovich Ju.A. Teplovye processy pri nepreryvnom lite stali. M.: Me-tallurgija, 1982. 152 p.
5. Caplin A.I. Teplofizika v metallurgii: ucheb. posobie: izvo Permskogo gos. tehn. un-ta, 2008. 230 p.
6. Gorbatyuk S.M., Gerasimova A.A., Radyuk A.G. Using the coating for the diffusion layer obtaining on the walls of the mold (CCM) // Metallurgical and Mining Industry. 2015. Vol. 9. pp. 1085–1088.
7. Bast J., Gorbatyuk S.M., Kryukov I.Yu. Horizontal HCC-12000 unit for the continuous casting of semi finished products // Metallurgist. 2011. Vol. 55. no. 1–2. pp. 116–118.
8. Bast J., Gorbatyuk S.M., Kryukov I.Yu. Study of the temperature fields in the mold of a horizontal continuous caster // Metallurgist. 2011. Vol. 55. no. 3–4. pp. 163–166.

УДК 004.75

## ПРИМЕНЕНИЕ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

<sup>1</sup>Ляшов М.В., <sup>2</sup>Берёза А.Н., <sup>2</sup>Бабаев А.М., <sup>2</sup>Алексеев Ю.В., <sup>2</sup>Авдеева Т.Г.

<sup>1</sup>Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, e-mail: maxl85@mail.ru;

<sup>2</sup>Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал), Донской государственный технический университет, Шахты, e-mail: anbirch@mail.ru, babaev-andrei2011@yandex.ru, ajulyav@mail.ru, tan.awdeewa2011@yandex.ru

В работе предложено решение проблемы объединения разнородных вычислительных ресурсов в единую распределенную систему с применением сервис-ориентированной архитектуры и концепции Grid-вычислений. Применение сервис-ориентированной архитектуры для создания Grid-систем позволит осуществить интеграцию разнородных вычислительных ресурсов не только локальных, но и географически распределенных. Предлагаемая платформа не предназначена для замены или вытеснения других Grid-систем. Вместо этого она дает возможность использования в едином вычислительном процессе на базе сервис-ориентированной архитектуры различные платформы: центральные процессоры (CPU), графические ускорители (GPU), программируемые логические интегральные схемы (FPGA). Для проведения экспериментальных исследований были выбраны алгоритмы Deep Learning, которые требуют высокопроизводительных вычислений. Тестирование работы алгоритмов Deep Learning было произведено на наборах данных MNIST, CIFAR-10, Molecular.

**Ключевые слова:** высокопроизводительные вычисления, сервис-ориентированная архитектура, GRID-вычисления, гетерогенные системы, .NET, Windows Communication Foundation

## APPLICATION OF SERVICE ORIENTED ARCHITECTURE FOR DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS

<sup>1</sup>Lyashov M.V., <sup>2</sup>Bereza A.N., <sup>2</sup>Babaev A.M., <sup>2</sup>Alekseenko Yu.V., <sup>2</sup>Avdeeva T.G.

<sup>1</sup>Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: maxl85@mail.ru;

<sup>2</sup>Institute of Entrepreneurship and Service sector (branch) Don State Technical University, Shakhty, e-mail: anbirch@mail.ru, babaev-andrei2011@yandex.ru, ajulyav@mail.ru, tan.awdeewa2011@yandex.ru

The paper provides a solution to the problem of uniting heterogeneous computing resources into a unified heterogeneous system using service-oriented architecture (SOA) and the conception of Grid-computing, where computing resources of clients are presented as a service. The use of SOA for creating Grid-systems will allow the clients to implement integration of not only local separated heterogeneous computing resources, but also geographically separated ones. The suggested platform is not intended to replace or displace other Grid-systems. Instead of this, it gives the possibility of using different platforms based on SOA in a unified computing process. For experimental studies Deep Learning algorithms and datasets MNIST, CIFAR-10 have been chosen, which require high-performance computing.

**Keywords:** high performance computing, service-oriented architecture, Grid-computing, heterogeneous system, .NET, Windows Communication Foundation

В настоящее время возросла потребность в масштабных расчетах уже не только в научных целях, но и на производстве, например в материаловедении, химии, разработке лекарственных препаратов, конструировании высокотехнологичных машин и др. Суперкомпьютерные системы могут решать большой спектр задач, но производство и эксплуатация таких компьютеров требует больших расходов, поэтому сегодня в мире их насчитывается всего несколько сотен.

В Grid-системах можно объединять разнородные вычислительные ресурсы, и они широко используются для быстрой и относительно дешевой обработки большого объема вычисленных задач. Обычно это достигается путем деления сложных задач на более простые подзадачи (задания), ко-

торые могут быть обработаны параллельно с использованием доступных вычислительных ресурсов [7].

При организации Grid-вычислений необходимо решить проблему объединения разнородных вычислительных ресурсов в единую распределенную систему. В настоящее время в ИТ индустрии при создании информационных систем получила большое распространение сервис-ориентированная архитектура, благодаря своему главному преимуществу: возможности эффективной интеграции информационных ресурсов [1, 6, 7].

Сервис-ориентированная архитектура (англ. Service-Oriented Architecture, SOA) – это модульный подход к разработке программного обеспечения. Данный подход

использует распределенные, заменяемые и слабо связанные компоненты, которые взаимодействуют между собой по стандартизированным протоколам (SOAP и др.). При этом компоненты реализуются как набор веб-служб [1, 2].

В данной работе показана возможность применения концепции SOA для распределенных вычислений. Применение сервис-ориентированной архитектуры для создания Grid-систем позволит осуществить интеграцию разнородных вычислительных ресурсов не только локальных, но и географически распределенных.

### Технологии SOA, применяемые для построения Grid-систем

Рассмотрим основные технологии, которые могут быть использованы для построения Grid-систем на основе SOA с использованием веб-служб. Веб-служба (или веб-сервис, англ. web service) – программная система со стандартизированным интерфейсом, которая доступна по определенному веб-адресу. Взаимодействие веб-служб с другими службами либо со сторонними приложениями происходит на основе протоколов SOAP, XML-RPC, REST и т.д. [1, 2].

Для обеспечения взаимодействия веб-служб с другими службами либо со сторонними приложениями используются следующие стандарты: XML: Расширяемый язык разметки, предназначенный для хранения и передачи структурированных данных; SOAP: Протокол обмена сообщениями на базе XML; WSDL: Язык описания внешних интерфейсов веб-службы на базе XML.

Веб-служба состоит из нескольких частей, имеющих собственное назначение и поведение в системе. На рис. 1 представлена структурная схема веб-службы.

Для Grid-систем в качестве службы может выступать любая программная платформа, которая управляет вычислительным ресурсом. Клиенты службы используют канал, который совместим с каналом службы, чтобы вызывать методы службы, передавать необходимые данные для вычислений

и получать назад результаты расчетов. Сообщения могут передаваться через этот канал в любом направлении.

Главная особенность использования веб-служб в SOA – для того чтобы выполнить определенную задачу службы, необходимо вызвать метод данной службы с четко определённым интерфейсом. При этом веб-служба заранее ничего не знает о приложении, которое их вызовет, а приложение не знает, каким образом веб-службы выполняют свою задачу. Следовательно, SOA может рассматриваться как способ построения Grid-систем, который позволяет объединять разнородные ресурсы, путём комбинации слабосвязанных и взаимодействующих сервисов. Эти сервисы будут взаимодействовать на основе строго определённого кроссплатформенного интерфейса. Определение интерфейса скрывает языково-зависимую реализацию веб-службы.

Таким образом, можно выделить следующие достоинства применения SOA для построения распределенных вычислительных систем:

- Использование SOA позволяет создать не жестко связанную систему, в которой клиент службы и реализация службы имеют в общем случае список доступных для всех служебных действий и определенную структуру данных.

- Клиент знает только интерфейсы службы, имена и типы входных и возвращаемых значений функцией службы. Никакой другой зависимости нет.

- Платформы и языки программирования могут быть различны как у клиента, так и у службы.

- Разделение задач. Реализация службы и клиента может выполняться разными работчиками.

### Windows Communication Foundation

Проанализировав требования к системе распределенных вычислений и наиболее распространенные на данный момент аналоги, авторы при выборе программной платформы остановились на платформе

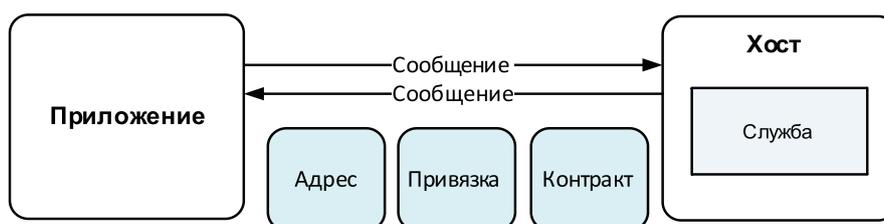


Рис. 1. Работа службы

.NET и программном фреймворке Windows Communication Foundation (WCF) от компании Microsoft [2, 6]. При реализации модулей системы предполагается активно использовать стандарт OpenCL. Это позволит добиться максимальной независимости от архитектуры клиентских ЭВМ и одновременно с этим позволит прозрачно использовать GPU и FPGA, для значительного ускорения проводимых расчетов.

WCF – это самый простой способ предоставлять и использовать службы на платформе Microsoft. Пользуясь WCF, разработчики могут сосредоточиться на приложениях, а не на коммуникационных протоколах. Это классический пример инкапсуляции технологии в инструментальных средствах [2].

### Предлагаемая архитектура

Система для высокопроизводительных вычислений, разработанная в соответствии с сервис-ориентированной архитектурой, была реализована как набор веб-служб, взаимодействующих по протоколу SOAP. Данный протокол используется для реализации удалённого вызова процедур и для обмена произвольными сообщениями между узлами системы в формате WSDL. Разнородные вычислительные ресурсы (CPU, GPU и FPGA) клиентов предоставляются как сервис и реализованы как набор веб-служб, т.е. они представляют собой идентифицируемую веб-адресом программную систему со стандартизированными интерфейсами. Вычислительные ресурсы распределенной вычислительной системы, реализованные как веб-службы, могут взаимодействовать друг с другом, с сервером и со сторонними приложениями посредством сообщений, основанных на протоколе SOAP.

Наш проект не предполагает разработку и внедрение нового фреймворка на основе SOA. Вместо этого предложен способ предоставления вычислительных ресурсов с множеством настраиваемых сервисов

WCF, который может преодолеть ограничения традиционных веб-служб XML.

В общем виде архитектура разработанной гибридной реконфигурируемой системы для высокопроизводительных вычислений приведена на рис. 2. Любая вычислительная задача, решаемая на представленной системе, состоит из клиентской и серверной частей. Основная вычислительная нагрузка ложится на клиентов, которые предоставляют свои вычислительные ресурсы в качестве WCF-сервиса [2].

Серверная часть представляет собой WCF-клиент, который по локальной сети или через Интернет обращается к вычислительным ресурсам клиентов. Основными функциями серверной части разработанной гибридной системы являются: оценка производительности клиентов и скорости соединения; мониторинг клиентов и процесса вычисления; окончательная обработка результатов вычислений, полученных от клиентов.

### Экспериментальные исследования

Для экспериментальных исследований на предлагаемой платформе были выбраны алгоритмы Deep Learning, поскольку это все более популярная тема в области искусственного интеллекта и одна из самых востребованных областей в компьютерной науке [5]. Применение алгоритмов Deep Learning позволило создавать системы, которые способны распознавать зашумленные и искаженные предметы на фотографиях, делать сложные предсказания о возможном будущем поведении человека в видеопотоке, анализировать текстовую информацию и т.п. При этом реализация данных алгоритмов требует высокопроизводительных вычислений.

На данный момент многими разработчиками и исследователями в области Deep Learning используется библиотека TensorFlow [3]. TensorFlow – это новая библиотека для создания систем машинного обучения с открытым исходным кодом от Google.

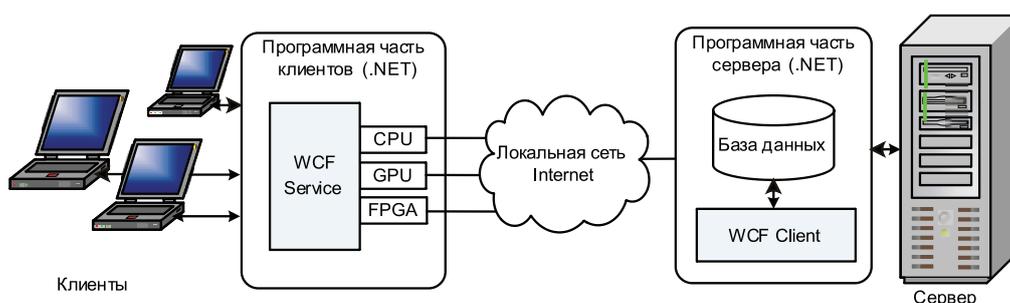


Рис. 2. Архитектура предлагаемой системы для высокопроизводительных вычислений

Тестовые наборы данных

Набор данных (Datasets)	Размер	Кол-во параметров	Скрытых слоев	Скрытых нейронов
MNIST	60 К×784 = 39,2 Мб	1,8 М	2	512
CIFAR-10	60 К×1024 = 170 Мб	4,1 М	2	1024
Molecular	150 К×2871 = 430 Мб	14,2 М	3	2048

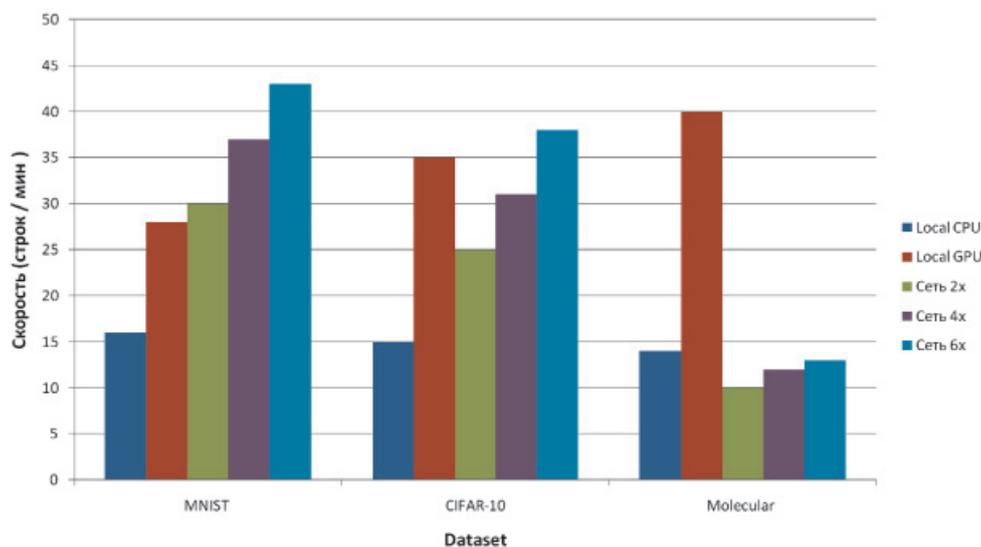


Рис. 3. Результаты экспериментальных исследований

Для экспериментальных исследований были использованы тестовые наборы данных (таблица), которые чаще всего используются при сравнении алгоритмов Deep Learning: MNIST – это набор изображений рукописных цифр; CIFAR-10 – это набор цветных изображений 10 различных классов; Molecular – набор молекулярной активности веществ для создания лекарств [3– 5].

В последних трех столбцах таблицы указаны параметры реализованных глубоких нейронных сетей.

На рис. 3 показаны результаты обучения глубоких нейронных сетей на разработанной платформе.

Для исследований были построены сети с 2, 4 и 6 клиентами. Из этих результатов видно, что у предлагаемой системы такой же недостаток, как и у подобных ей систем: чем больше передаваемый объем данных по сети, тем ниже эффект от ее использования.

Для преодоления этого недостатка необходимо учитывать объем передаваемых данных по сети и подбирать соответствующие алгоритмы. Наиболее часто используемый метод оптимизации для обучения глубоких нейронных сетей – это стохастический градиентный спуск (SGD). Классический алгоритм SGD по своей сути является последова-

тельным, что делает нецелесообразным его применение к очень большим наборам данных, т.к. требуется много времени для передачи данных последовательным способом.

Для распределенного обучения нейронных сетей мы применили асинхронный стохастический градиентный спуск [4]. Основная особенность этого алгоритма состоит в том, что на каждом клиенте находится свой собственный экземпляр данных и обучаемая модель. Это значительно сокращает нагрузку на сеть. Результаты экспериментов показаны на рис. 4.

Из этого графика видно, что предпринятые меры позволили добиться эффективности в расчетах на разработанной платформе. То есть с добавлением клиентов в сети растет и скорость вычислений.

**Выводы**

Разработанная архитектура предлагает больше гибкости, простоты и совместимости, которые необходимы, чтобы обеспечить интеграцию между сетевыми ресурсами. Предлагаемая платформа не предназначена для замены или вытеснения других Grid-систем. Вместо этого она дает возможность использования в едином вычислительном процессе различных платформ (CPU, GPU,

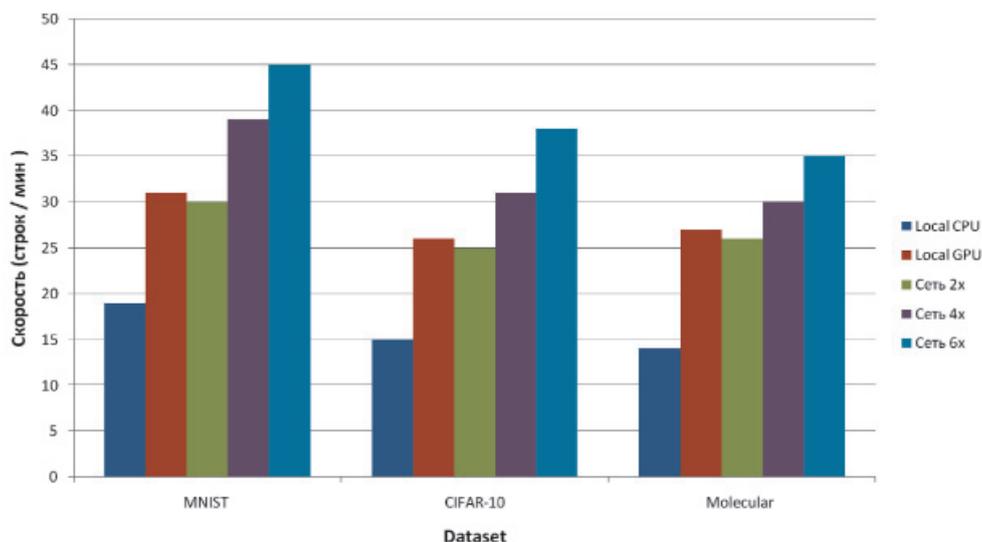


Рис. 4. Результаты экспериментальных исследований алгоритма асинхронного стохастического градиентного спуска

FPGA) на базе сервис-ориентированной архитектуры, а использование OpenCL позволяет создать в рамках этой сети гетерогенную вычислительную среду. Применяя технологию распределенных вычислений и задействовав неиспользуемые ресурсы персональных компьютеров, система позволяет снизить стоимость вычислений на единицу производительности.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 16-37-60016, № 14-07-00816.*

#### Список литературы

1. Данилов И.Г. Сервис-ориентированная архитектура как основа для построения современных распределенных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7. – С. 168–173.
2. Cibraro P. Professional WCF 4: Windows Communication Foundation with .NET 4. – Microsoft Press, 2010.
3. Dean J., Rajat M., et al. TensorFlow: Large-scale machine learning on heterogeneous systems. TensorFlow.org. Google Research. Retrieved 10 November 2015.
4. Dean J., Corrado G., et al. Large Scale Distributed Deep Networks. NIPS 2012: Neural Information Processing Systems, Lake Tahoe, Nevada, United States, December, 2012. – P. 1232–1240.
5. Li Deng and Dong Yu Deep Learning: Methods and Applications // Foundations and Trends in Signal Processing. – 2014. – Vol. 7, № 3–4. – P. 197–387.
6. Lyashov M.V., Bereza A.N., Alekseenko J.V., Blanco L.M.L. The hybrid reconfigurable system for high-

performance computing // Application of Information and Communication Technologies (AICT), 2015 9th International Conference on. – Rostov on Don, 2015. – P. 258–262.

7. Shrihari, S.V., Pawan, K., Vishnu, M., Mahajan, S. Technological aspects of grid computing (2015) // 2nd International Conference on Electronics and Communication Systems, ICECS. – 2015. – art. № 7124829. – P. 1463–1468.

#### References

1. Danilov I.G. Servis-orientirovannaya arkhitektura kak osnova dlya postroyeniya sovremennykh raspredelennykh sistem. Izvestiya YUFU. Tekhnicheskiye nauki. 2010. no. 7. pp. 168–173.
2. Cibraro P. Professional WCF 4: Windows Communication Foundation with .NET 4. Microsoft Press, 2010.
3. Dean J., Rajat M., et al. TensorFlow: Large-scale machine learning on heterogeneous systems. TensorFlow.org. Google Research. Retrieved 10 November 2015.
4. Dean J., Corrado G., et al. Large Scale Distributed Deep Networks. NIPS 2012: Neural Information Processing Systems, Lake Tahoe, Nevada, United States, December, 2012, pp. 1232–1240.
5. Li Deng and Dong Yu (2014), Deep Learning: Methods and Applications, Foundations and Trends in Signal Processing: Vol. 7: no. 3–4, pp. 197–387.
6. Lyashov M.V., Bereza A.N., Alekseenko J.V., Blanco L.M.L. The hybrid reconfigurable system for high-performance computing. Application of Information and Communication Technologies (AICT), 2015 9th International Conference on, Rostov on Don, 2015, pp. 258–262.
7. Shrihari, S.V., Pawan, K., Vishnu, M., Mahajan, S. Technological aspects of grid computing (2015) 2nd International Conference on Electronics and Communication Systems, ICECS 2015, art. no. 7124829, pp. 1463–1468.

УДК 004.4

## РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ НАСЫЩЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНОГО УЧАСТКА В СРЕДЕ MATLAB

**Макуха Л.В., Сидоров А.Ю., Радчук Д.В., Савченко А.И.**

*Сибирский федеральный университет, Красноярск, e-mail: asidorov@sfu-kras.ru*

Статья посвящена анализу и интерпретации данных, полученных при геофизическом исследовании скважин ядерно-магнитным и боковым каротажем. Анализ проводился на реальных данных, полученных в процессе геофизических работ на участках Восточной Сибири. Данные исследования пересчитываются в различные коэффициенты: нефтегазонасыщенности, водонасыщенности, пористости и другие. Приводятся примеры исходных данных геофизического исследования и данных, необходимых для корректного расчета коэффициентов насыщения. Дается краткое математическое описание расчетов. На основе рассчитанных данных предлагается 3D моделирование нефтегазонасного участка в среде Matlab. Моделирование происходит с применением кубической интерполяции на неравномерной сетке. При моделировании используются координаты скважин для повышения точности моделирования. Полученные данные можно сохранять в специальном файле проекта для быстрого возврата к расчету.

**Ключевые слова:** процесс добычи нефти и газа, ядерно-магнитный каротаж, боковой каротаж, количественный расчет коэффициентов насыщения, построение 3D-модели нефтегазонасного пласта, интерполяция на неравномерной сетке

## SATURATION COEFFICIENTS CALCULATION FOR OIL AND GAS FIELDS SIMULATION IN THE MATLAB ENVIRONMENT

**Makukha L.V., Sidorov A.Yu., Radchuk D.V., Savchenko A.I.**

*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: asidorov@sfu-kras.ru*

The article describes the analysis and interpretation of data obtained during geophysical researches of wells with nuclear-magnetic and lateral logging. The analysis was performed on real data obtained during the geophysical surveys on areas of Eastern Siberia. These studies are translated into various factors such as oil and gas saturation, water saturation, porosity, etc. Initial data examples of geophysical studies and data required for the correct calculation of saturation ratios are explained. We give a brief description of the mathematical calculations. Based on the calculated data, the 3D modeling of oil and gas plot in Matlab environment is presented. Simulation is performed using cubic interpolation on a nonuniform grid. The coordinates of wells are used to increase the accuracy of simulation. The obtained data can be saved in a special project file for a quick return to the calculation.

**Keywords:** oil and gas production process, nuclear-magnetic logging, lateral logging, quantitative calculation of saturation coefficients, 3D-models building of oil and gas reservoir, interpolation on a nonuniform grid

Добыча нефти и газа является приоритетным направлением в РФ, поэтому проблема автоматизации и ускорения этого процесса актуальна [3]. Процесс добычи состоит не только из технологической части (бурение скважины и непосредственно добыча), но и научно-исследовательской, а именно изучения данных геофизического исследования скважин, прогнозирования нефтеносных структур, принятия решений на основе изученных данных.

Изначально перспективный нефтегазонасный район исследовали визуально, научившись выявлять присутствие нефтяных залежей по многим косвенным признакам. Однако чтобы поиски были максимально успешными, необходимо уметь «видеть под землей». Это стало возможным благодаря геофизическим методам исследования. Наиболее эффективным инструментом оказался сейсмограф, предназначенный для регистрации землетрясений. Его способность

улавливать механические колебания пригодилась и в геологоразведочном деле. Колебания от взрывов динамитных снарядов преломляются подземными структурами, и, регистрируя их, можно определить расположение и форму подземных пластов [4]. По мере развития технологий в арсенал геологов добавлялись новые методы. Например, аэрофотосъемка и космическая съемка обеспечивает более широкий обзор поверхности. Анализ ископаемых остатков с различных глубин помогает точнее определить тип и возраст осадочных пород [4].

Основная тенденция современной геологоразведки – минимальное воздействие на окружающую среду. Как можно большую роль стараются отводить теоретическим предсказаниям и пассивному моделированию. По косвенным признакам можно проследить весь жизненный цикл нефти – где она зарождалась, как двигалась, где находится в настоящее время [4].

Определившись с географическим расположением месторождения нефти и газа, без подробного изучения невозможно установить точную область распространения нефтегазонального пласта. В такой ситуации целесообразно проводить предпроектные научные исследования, заключающиеся, в частности, в корректном расчете коэффициентов насыщения у совокупности скважин и использовании рассчитанных значений для 3D моделирования нефтегазонального участка. При этом применяются такие методы исследования скважин, как ядерно-магнитный каротаж (ЯМК) и боковой каротаж (БК) [5]. По рассчитанным данным ЯМК и БК определяются значения коэффициентов насыщения нескольких скважин, находящихся на относительно небольшом расстоянии друг от друга, по которым можно наиболее точно спрогнозировать область распространения нефтегазонального пласта. На основе рассчитанных данных создается предположительная карта местности с расположенными на ней скважинами, нефтяными и газовыми залежами, находящимися в пределах этих скважин. Подобный механизм позволяет значительно упростить анализ исследуемой области, ускорить процесс прогнозирования и помочь выбрать местоположение и глубину следующей скважины.

Данные для расчета коэффициентов насыщения получают при непосредственном контакте приборов со скважиной. Изначально в скважину помещают исследовательские приборы (зонд, датчики и т.д.) и с их постепенным углублением и получением данных на фиксируемых глубинах методами ядерно-магнитного и бокового каротажа. После проведения всех замеров данные сохраняются в файлах и отправляются специалистам для дальнейшего изучения.

Для расчетов коэффициентов насыщения используются данные в текстовом формате csv, представленные на рис. 1 и 2.

Данные стратиграфии – это список кровель и подошв по каждому из горизонтов скважины (в данном случае для Сибирского региона) в следующем формате:

Горизонт – участок земной коры.

Всего горизонтов 6:

1. Осинский I.
2. Осинский II.
3. Усть-Кутский I.
4. Усть-Кутский II.
5. Преображенский.
6. Ербогученский.

Кровля – начало горизонта.

Подошва – конец горизонта.  
 wellName – имя скважины.  
 datasetName – название элемента.  
 DEPT – глубина.  
 BP0-BPV – значение бина (результат замера ЯМК) на глубине DEPT.  
 BK – значение бокового каротажа.

	A	B	C	D	E	F	G
1		Well Iden	Surface	X	Y	Z	MD
2	8692		Четвертичные отложения				0
3	8693		О				8
4	8694		Верхоленская-Илгинская				170
5	8695		Литвинцевская				510.5
6	8696		Ангарская				648.5
7	8697		Булайская				784
8	8698		Верхнебельская				837
9	8699		Средне+Нижнебельская				1047
10	8700		A4_под				1092
11	8701		A6_кр				1218.7
12	8702		A6_под				1275
13	8703		Усольская				1268
14	8704		B1_кр				1582
15	8705		B1_под				1602.6
16	8706		B2_кр				1604
17	8707		Тэтэрская (B2_под)				1629.2
18	8708		B3-4_кр				1633.2
19	8709		B3-4_под				1659.6
20	8710		B5_кр				1665
21	8711		Собинская (B5_под)				1686.8
22	8712		Катангская				1755
23	8713		B12_кр				1814
24	8714		B12_под				1822.7

Рис. 1. Данные стратиграфии.  
 Входные данные кровли, подошвы горизонтов

Имея в наличии указанные выше данные, можно провести расчет коэффициентов насыщения. Используемые в расчете алгоритмы интерпретации являются алгоритмами, разработанными ООО РН «Красноярск НИПИ нефть». Корректное определение коэффициента нефтегазонасыщенности (далее Кнг) является одной из основных петрофизических задач. В данном случае для определения Кнг используется уравнение Дахнова – Арчи. Уравнение Дахнова – Арчи, полученное с использованием связей типа «кern-кern», дает повсеместное высокое значение Кнг.

Помимо Кнг производится расчет и других инкрементов насыщения. Список коэффициентов представлен ниже:

- Kn (Кп) – Коэффициент пористости.
- Kn\_din (Кпдин) – Динамический коэффициент пористости.
- Kvo (Кво) – Коэффициент остаточной водонасыщенности.
- Pn\_Kvo (Рнкво) – Параметр насыщения при коэффициенте остаточной водонасыщенности.
- Pn (Рн) – Текущий параметр насыщения.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	wellName	datasetN	DEPT	BP0	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6	BP7	BP8	BP9	BPA	BPB	BK
727	test	test	1544.8	0.016	0.294	0.934	3.562	7.198	5.354	0.904	0	0	0	0	0	1296.103
728	test	test	1545	0.015	0.102	0.327	3.562	7.295	7.425	0.768	0	0	0	0	0	1265.389
729	test	test	1545.2	0	0.114	0.683	4.535	7.658	8.041	1.015	0	0	0	0	0	1242.628
730	test	test	1545.4	0	0.004	0.379	4.254	6.401	9.401	2.189	0	0	0	0	0	1219.448
731	test	test	1545.6	0	0	0.256	4.091	5.676	9.017	3.526	0	0	0	0	0	1202.761
732	test	test	1545.8	0	0	0.131	4.584	5.617	9.221	3.663	0	0	0	0	0	1187.49
733	test	test	1546	0	0	0.165	3.863	5.405	9.239	3.663	0	0	0	0	0	1178.453
734	test	test	1546.2	0	0	0.242	2.184	5.041	11.555	3.827	0	0	0	0	0	1178.797
735	test	test	1546.4	0	0.003	0.321	1.801	3.365	9.302	3.827	0	0	0	0	0	1185.165
736	test	test	1546.6	0	0	0.152	0.394	2.458	11.307	3.554	0	0	0	0	0	1190.427
737	test	test	1546.8	0	0	0.165	1.306	2.458	8.798	4.989	0	0	0	0	0	1192.711
738	test	test	1547	0	0	0.27	0.534	2.677	8.705	5.039	0	0	0	0	0	1186.144
739	test	test	1547.2	0	0	0.401	1.104	1.572	6.431	6.554	0	0	0	0	0	1168.193
740	test	test	1547.4	0	0	0.393	0.73	4.229	6.249	4.434	0	0	0	0	0	1158.912
741	test	test	1547.6	0	0	0.548	1.908	4.229	6.249	5.057	0.123	0	0	0	0	1155.341
742	test	test	1547.8	0	0	0.532	0.099	3.308	10.572	3.434	0	0	0	0	0	1159.386
743	test	test	1548	0	0	0.457	0.963	4.466	10.572	4.352	0	0	0	0	0	1158.028
744	test	test	1548.2	0	0	0.423	1.307	5.614	9.696	3.672	0	0	0	0	0	1166.797
745	test	test	1548.4	0	0.007	0.659	2.595	5.614	7.808	4.211	0	0	0	0	0	1197.901
746	test	test	1548.6	0	0.07	0.885	4.062	5.617	5.484	2.461	1.801	0	0	0	0	1276.142

Рис. 2. Входные данные ЯМК и БК

- Kv (Кв) – Коэффициент водонасыщенности.
- Kv\_p (Кв\_подв) – Подвижный коэффициент водонасыщенности.
- Kng (Кнг) – Коэффициент нефтегазонасыщенности.
- Kng\_p (Кнг\_подв) – Подвижный коэффициент нефтегазонасыщенности.
- Kno (Кно) – Остаточной коэффициент нефтенасыщенности.
- T2\_mean (T2\_mean) – Среднее логарифмическое время.
- Rvp – Сопротивление водонасыщенного пласта.
- Pr (Pp) – Параметр пористости.

Расчет производится последовательно на основании формул, представленных в докладе Д.В. Назарова, представленного на VI региональной научно-технической конференции «РН-Красноярск НИПИ нефть». Краткое описание расчетов представлено ниже:

1. Kn – Сумма бинов (рис. 2).
2. Kn\_din – Сумма двух последних бинов (рис. 2).
3. В качестве характеристики спектра сигнала ЯМК в определенном диапазоне

времен  $T_2$  рассмотрено среднелогарифмическое время поперечной релаксации  $T_{2mean}$ , определяемое формулой

$$T_{2mean} = \exp \left[ \frac{\sum_{k=1}^m \ln(T_{2k}) \cdot \varphi_k}{\sum_{k=1}^m \varphi_k} \right], \quad (1)$$

где  $T_{2k}$  – время  $k$ -го бина, начиная с бина, время которого превосходит 3 мс (стандартная отсечка для воды, связанной в глинах);  $\varphi_k$  – инкрементная пористость  $k$ -го бина;  $m$  – число бинов, определяющих диапазон рассматриваемых времен релаксации  $T_2$ .

$$4. Kvo = \sum_{k=4}^m \varphi_k. \quad (2)$$

Если  $Kvo = 0$  Тогда  $Kvo = 100$ .

$$5. Pn_{Kvo} = 1394,7 \cdot Kvo^{-1,447}. \quad (3)$$

6. Значение параметра пористости напрямую зависит от горизонта, по которому ведется расчет. Сопоставление формул расчета параметра пористости горизонтам представлено ниже (таблица).

Сопоставление формул расчета параметра пористости горизонтам

Горизонт	Связь Pp – Kn
Осинский I	$Pp = 2563,4 \cdot Kn^{(-1,379)}$
Осинский II	$Pp = 2563,4 \cdot Kn^{(-1,379)}$
Усть-Кутский I	$Pp = 2136,1 \cdot Kn^{(-1,24)}$
Усть-Кутский II	$Pp = 2136,1 \cdot Kn^{(-1,24)}$
Преображенский	$Pp = 1620 \cdot Kn^{(-1,182)}$
Ербогаченский	$Pp = 3859,5 \cdot Kn^{(-1,458)}$

$$1. R_{\text{вп}} = P_p \cdot R_{\text{в}}, \quad (4)$$

где  $R_{\text{в}}$  – сопротивление воды, Омм.

$$2. P_{\text{п}} = \frac{R_{\text{п}}}{R_{\text{вп}}},$$

где  $R_{\text{п}}$  – сопротивление пласта, Омм;  $R_{\text{вп}}$  – сопротивление водонасыщенного пласта, Омм.

Из (4) следует, что

$$R_{\text{вп}} = P_p \cdot R_{\text{в}},$$

Таким образом, уравнение для  $P_{\text{п}}$  примет вид

$$P_{\text{п}} = \frac{R_{\text{п}}}{P_p \cdot R_{\text{в}}} = \frac{R_{\text{БК}}}{P_p \cdot R_{\text{в}}}, \quad (5)$$

где  $R_{\text{БК}}$  – сопротивление бокового каротажа.

$$3. K_v = \left( \frac{P_{\text{п}}}{b} \right)^{\frac{1}{n}}. \quad (6)$$

4. Рассчитав долю всей воды и значение капиллярно связанной воды, определяется доля подвижной воды:

$$K_{v_p} = K_v - K_{v0}. \quad (7)$$

5. Коэффициента нефтегазонасыщенности рассчитывается следующим образом:

$$K_{ng} = 1 - K_v. \quad (8)$$

$$6. K_{ng_p} = K_{n_{\text{дин}}} - K_{v_p}, \quad (9)$$

где  $K_{ng_p}$  – подвижный коэффициент нефтегазонасыщенности.

7. Остаточный коэффициент нефтенасыщенности является разностью между коэффициентом нефтегазонасыщенности и подвижным коэффициентом нефтегазонасыщенности:

$$K_{no} = K_{ng} - K_{ng_p}. \quad (10)$$

После расчета всех коэффициентов насыщения, появляется возможность построения 3D-модели нефтегазонасыщенного пласта, для построения которой было решено провести кубическую интерполяцию на неравномерной сетке [2]. Для построения модели был выбран программный комплекс Matlab. Для интерполяции на неравномерной сетке в этом комплексе выбрана функция `griddata`.

$ZI = \text{griddata}(x, y, z, XI, YI)$  – преобразует поверхность вида  $z = f(x, y)$ , которая определяется векторами  $(x, y, z)$  с обычно неравномерно распределенными элементами. Функция `griddata` аппроксимирует эту поверхность в точках, определенных векторами  $(XI, YI)$  в виде значений  $ZI$ . Поверхность всегда

проходит через заданные точки.  $XI$  и  $YI$  обычно формируют однородную сетку (созданную с помощью функции `meshgrid`) [2].

$XI$  может быть вектором-строкой, в этом случае он определяет матрицу с постоянными столбцами. Точно так же  $YI$  может быть вектором-столбцом, тогда он определяет матрицу с постоянными строками [2].

$[XI, YI, ZI] = \text{griddata}(x, y, z, xi, yi)$  – возвращает аппроксимирующую матрицу  $ZI$ , как описано выше, а также возвращает матрицы  $XI$  и  $YI$ , сформированные из вектора-столбца  $xi$  и вектора-строки  $yi$ , аналогичны матрицам, возвращаемым функцией `meshgrid`:

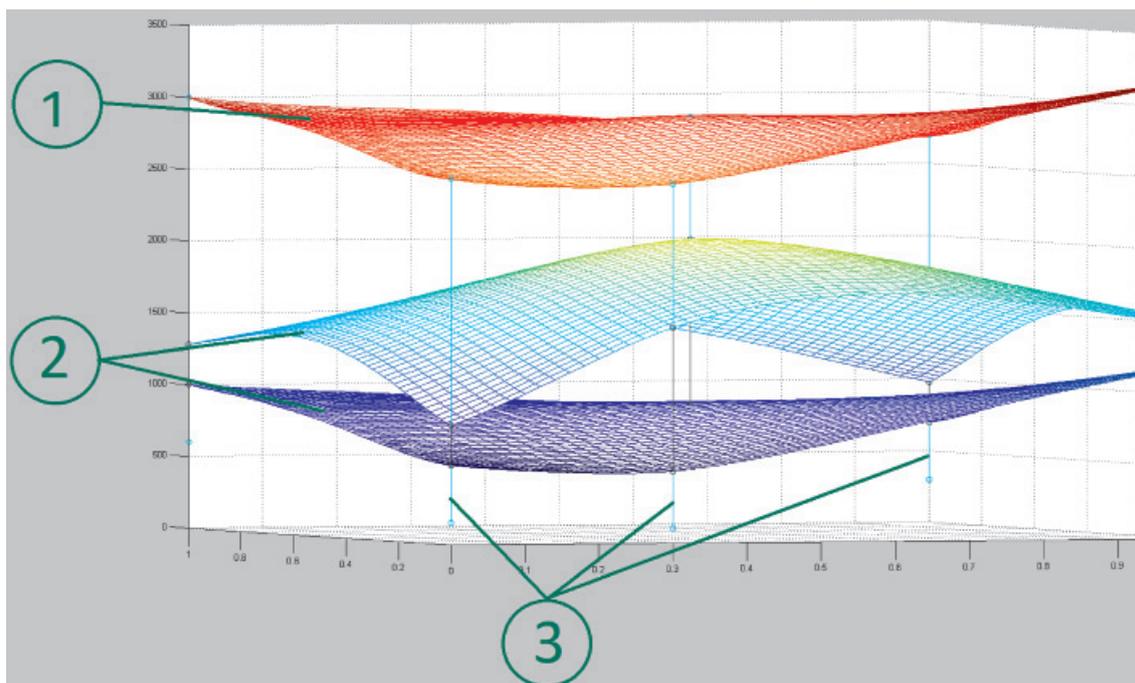
$[...] = \text{griddata}(\dots \text{method})$  – использует определенный метод интерполяции:

- «nearest» – ступенчатая интерполяция;
- «linear» – линейная интерполяция (принята по умолчанию);
- «cubic» – кубическая интерполяция (используемая для моделирования);
- «v4» – метод, используемый в MATLAB 4.

Метод определяет тип аппроксимирующей поверхности. Метод ‘cubic’ формирует гладкие поверхности, в то время как «linear» и «nearest» имеют разрывы первых и нулевых производных соответственно. Все методы, за исключением v4, основаны на триангуляции Делоне. Метод «v4» включен для обеспечения совместимости с версией 4 системы Matlab [1].

Метод «Интерполяция на неравномерной сетке» строит поверхность на основании указанных точек, соответственно, чем больше точек будет указано, тем точнее будет построена поверхность, т.е. чем больше данных по скважинам будет внесено, тем точнее будет 3D-модель нефтегазонасыщенного пласта. Сами же точки для построения нефтегазонасыщенного пласта определяются из рассчитанных значений коэффициентов насыщения, по каждой скважине может быть выявлено две точки (либо ни одной), определяющие область распространения нефти и газа вдоль скважины.

Помимо данных стратиграфии и данных ЯМК и БК используется дополнительная информация для построения модели, а именно: долгота, широта и высота над уровнем моря по каждой скважине. Эти данные позволяют наиболее точно моделировать расположение скважин друг относительно друга и, как следствие, сам нефтегазонасыщенный участок. Пример модели нефтяного месторождения представлен на рис. 4.



*Рис. 4. 3D-модель нефтегазоносного пласта:  
1 – схематичное изображение земной поверхности; 2 – верхняя и нижняя поверхности нефтегазоносного пласта; 3 – визуальное отображение скважин*

Представленный расчет и визуализация данных позволяет значительно упростить анализ исследуемого нефтяного месторождения, ускорить процесс прогнозирования и помочь в выборе дальнейших действий, таких как определение местоположения и глубины бурения следующей скважины. Разработанный программный модуль Matlab сохраняет все введенные данные в специальном файле проекта, что позволяет быстро вернуться к ранее созданному расчету. В дальнейшем планируется добавить в программный модуль данные, полученные с помощью других измерений, а также возможность отображать спутниковые снимки земной поверхности для повышения информативности 3D модели.

#### Список литературы

1. Интерполяция на неравномерной сетке. [Электронный ресурс]: «Радиомастер». – Режим доступа: <http://radiomaster.ru/cad/matlab/glava17/index26.php>.
2. Потемкин В.Г. Справочник по MATLAB [Электронный ресурс] // Материалы по продуктам MATLAB & Toolboxes. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/ml/book2>.
3. Радчук Д.В. Количественный расчет инкрементов насыщения из данных геофизического исследования скважин

и моделирование итоговых значений в программном комплексе Techlog [Электронное издание] // Молодёжь и наука: проспект Свободный Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных, 14–24 апреля 2015. Красноярск, 2015.

4. Разведка и добыча нефти. [Электронный ресурс] // Мир нефти. – Режим доступа: <http://mirnefti.ru/index.php?id=9>.

5. Ядерно-магнитный каротаж. Боковой каротаж. [Электронный ресурс] // Большая энциклопедия нефти газа. – Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru>.

#### References

1. Interpoljacija na neravnomernoj setke. [Jelektronnyj resurs]: «Radiomaster». Rezhim dostupa: <http://radiomaster.ru/cad/matlab/glava17/index26.php>.
2. Potemkin V.G. Spravochnik po MATLAB [Jelektronnyj resurs] // Materialy po produktam MATLAB & Toolboxes. Rezhim dostupa: <http://matlab.exponenta.ru/ml/book2>.
3. Radchuk D.V. Kolichestvennyj raschet inkrementov насыщения из данных геофизического исследования скважин i modelirovanie itogovyh znachenij v programmnom komplekse Techlog [Jelektronnoe izdanie] // Molodjosh i nauka: prospekt Svobodnyj Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija studentov, aspirantov i molodyh uchjonyh, 14–24 aprilja 2015. Krasnojarsk, 2015.
4. Razvedka i dobycha nefiti. [Jelektronnyj resurs] // Mir nefiti. Rezhim dostupa: <http://mirnefti.ru/index.php?id=9>.
5. Jaderno-magnitnyj karotazh. Bokovoj karotazh. [Jelektronnyj resurs] // Bolshaja jenciklopedija nefiti gaza. Rezhim dostupa: <http://www.ngpedia.ru>.

## МОДЕЛЬ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

<sup>1</sup>Петров М.Н., <sup>2</sup>Абенова Ж.С., <sup>2</sup>Набиев Н.К.

<sup>1</sup>Сибирский государственный аэрокосмический университет  
имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск;

<sup>2</sup>АО «Национальная компания «Қазақстан Ғарыш Сапары», Астана, e-mail: zhuza44@mail.ru

В настоящей статье с помощью математического аппарата описаны модель функционирования системы управления и модель пользователя интегрированной среды информационного взаимодействия (ИСИВ). ИСИВ позволит наиболее эффективно контролировать текущее состояние проекта с помощью веб-портала. Основная цель применения веб-портала – это обеспечение доступа к единой платформе для получения и обмена информацией от различных источников, централизованное хранение данных, возможность поддержки использования архива проектов и накопления знаний независимо от географического положения и времени суток. Также следует отметить, что немаловажным фактором является обеспечение информационной безопасности веб-портала. Поэтому в данной работе посредством теории графов в виде множеств вершин и их дуг определены логическая взаимосвязь между пользователями и правами доступа в систему, также описаны множества уязвимостей системы и их последствия в случае успешной атаки извне. Обобщенный граф, описывающий множество средств защиты системы ИСИВ, позволит разработать рекомендации по повышению уровня безопасности функционирования системы ИСИВ.

**Ключевые слова:** модель, веб-приложение, веб-портал, теоретико-множественный подход, система управления, теория графов

## MODEL OF AN INTEGRATED ENVIRONMENT OF INFORMATION COOPERATION

<sup>1</sup>Petrov M.N., <sup>2</sup>Abenova Zh.S., <sup>2</sup>Nabiev N.K.

<sup>1</sup>Reshetnev Siberian State Aerospace University, Krasnoyarsk;

<sup>2</sup>JSC «National Company «Kazakhstan Gharysh Sapary», Astana, e-mail: zhuza44@mail.ru

In this paper there is a model of functioning of the control system and user model of an integrated environment of information cooperation (IEIC) described by a mathematical tool. IEIC will allow most effective way to control current status of the project by web-portal. The primary purpose of web-portal is to ensure access to a common platform for getting and exchanging information from multiple sources, centralized storage, the ability to support the use of archive projects and the accumulation of knowledge regardless of geographical location and time. Also, it should be noted that one of the important factors is providing an information security of web portal. Therefore in this work defined logical relationship between users and access rights in the system by the graph theory as a set of vertices and arcs, and vulnerabilities and their consequences in the event of a successful attack from the outside described by the set of system. Generalized graph that describes the set of remedies of IEIC system, allow developing recommendations to improve the level of security functioning of the IEIC system.

**Keywords:** model, web-application, web-portal, set-theoretical approach, control system, graph theory

В настоящее время потребность в получении качественной, объемной и своевременной информации, которой обмениваются потребители и производитель, является одним из важнейших конкурентных факторов предприятия. Поэтому создание интегрированной среды информационного взаимодействия (ИСИВ) поможет решить проблемы информационного характера, остро стоящие в высокотехнологических отраслях, например в космической. ИСИВ позволит наиболее эффективно контролировать текущее состояние проекта с помощью веб-портала, совершенствуя систему корпоративного управления [2]. Основная цель применения веб-портала – это обеспечение доступа к единой платформе для получения и обмена информацией от различных источников, централизованное

хранение данных, возможность поддержки использования архива проектов и накопления знаний независимо от географического положения и времени суток. Однако не следует забывать, что вопросы безопасности веб-приложений становятся все более актуальными и востребованными. Согласно статистике уязвимостей веб-приложений в 2015 году в 76% рассмотренных систем была выявлена возможность получения злоумышленником полного контроля над отдельными критически важными ресурсами [7]. Чтобы СУ ИСИВ функционировала и была неуязвима перед информационными атаками, необходимо описать СУ ИСИВ и взаимосвязь множеств незащищенности системы, множеств атак и их последствия, множеств прав пользователей веб-портала и т.д.

Для управления и контроля веб-порталом опишем с помощью математических методов систему управления ИСИВ (СУ ИСИВ) [5]. На рис. 1 представлена обобщенная модель СУ ИСИВ между внутренними и внешними пользователями, где:

- $OE$  (outside environment) – вектор значений воздействия внешнего окружения;
- $X$  – вектор значений связи от внешнего пользователя к СУ ИСИВ;
- $X^*$  – вектор значений связи от СУ ИСИВ к внешнему пользователю;
- $Y$  – вектор значений связи от внутреннего пользователя к СУ ИСИВ;
- $Y^*$  – вектор значений связи от СУ ИСИВ к внутреннему пользователю;
- $Q$  – вектор значений факторов, влияющих на функционирование СУ ИСИВ (например, атаки злоумышленников, сбои в канале связи и т.д.);
- $M$  и  $N$  – векторы значений прямого взаимодействия между внешними и внутренними пользователями.



Рис. 1. Обобщенная модель СУ ИСИВ

Внешний пользователь – это субъект, заказывающий или использующий товары или услуги предприятия и имеющий возможность обмениваться информацией через веб-портал или напрямую с предприятием [1].

Внутренний пользователь – это субъект, выполняющий работы или оказывающий услуги, необходимые внешнему субъекту, при помощи находящейся в его распоряжении производственной системы. Также задает параметры функционирования СУ ИСИВ и обменивается информацией с клиентами, в том числе потенциальными [1].

СУ ИСИВ состоит из клиентской и административной части. Клиентская часть – это собственно веб-портал, который видит посетитель или зарегистрированный пользователь. Отображение информации, доступ к персональным данным в клиентской части происходит за счет шаблона и модулей, которые выводятся в специально зарезервированных позициях шаблона.

Административная часть – это панель управления веб-порталом, которая выполняет следующие действия: добавление, редактирование и удаление контента, анализ действий посетителей, модерация сообщений, обеспечение безопасности веб-портала и т.д. В административную панель входят автономный блок управления (АБУ) и блок предварительной подготовки параметров (БППП) веб-портала [1].

БППП отвечает за функционирование веб-портала и состоит из различных расширений для формирования автономного блока управления веб-порталом.

В свою очередь, АБУ веб-порталом предназначен для поиска информации, регистрации, авторизации, экспорта и импорта информации с учетом прав доступа пользователей без участия БППП веб-портала.

Более детально структура СУ ИСИВ представлена на рис. 2, где:

- $H$  – вектор значений связи от АБУ к веб-порталу;
- $H''$  – вектор обратной связи от веб-портала к АБУ;
- $P$  – вектор связи от БППП к АБУ;
- $P^*$  – вектор обратной связи от АБУ к БППП.

Пусть множество  $\{X, X^*, Q, Y\}$  описывает взаимодействие клиента с предприятием через СУ ИСИВ, а множество  $\{M, N\}$  описывает взаимодействие клиента с предприятием напрямую. Следовательно, множество  $\{X, X^*, Q, Y\}$  заменяет или дополняет  $\{M, N\}$ .

Сотрудник компании с помощью вектора  $Y$  задает параметры функционирования веб-портала, которые проходят проверку на наличие ошибок в структуре документа (проверка синтаксических ошибок, вложенности тэгов и др. критерии) в БППП и преобразуются в вектор  $P$  для передачи полученных данных АБУ. Далее АБУ формирует вектор  $H$  для управления и контроля за веб-порталом. В случае обратной связи вектор  $Y^*$  используется для проверки входных данных от БППП, которые вызваны вектором  $P^*$  (обнаружение уязвимостей и сбоев системы, веб-атаки и т.п.). Вектор  $Q$  обуславливает такие параметры, как количество посещаемости веб-портала, определение наиболее востребованных продуктов/услуг, анализ сетевого трафика и поисковой оптимизации.

Также следует отметить, что с помощью вектора  $Q$  внутренние пользователи обмениваются информацией через веб-портал



Рис. 2. Детальная структура СУ ИСИБ

с внешними пользователями. В данном случае, после того как компания получила информацию с помощью вектора  $Q$  (то есть  $X \rightarrow Q$ ) от внешнего пользователя, сотрудник компании передает ответ напрямую через вектор  $M$  или через веб-портал ( $Y \rightarrow P \rightarrow H \rightarrow X^*$ ).

Используя теоретико-множественный подход, можно описать модель пользователя СУ ИСИБ [4, 5].

Пусть  $IU = \{iu_1, iu_2, iu_3, \dots, iu_n\}$  – множество внутренних пользователей (internal users) административной панели ИСИБ;  $OU = \{ou_1, ou_2, ou_3, \dots, ou_m\}$  – множество внешних пользователей (outside users) клиентской части ИСИБ.

Также необходимо отметить, что пользователь не прошедший аутентификацию также может просматривать информационный материал и обращаться через обратную связь к сотрудникам системы ИСИБ. Тогда множество пользователей ИСИБ будут описаны следующей системой:

$$\text{USER} = \begin{cases} iu_n = \{idn_n, PD, insn_n, P | idn_n \in ID, insn_n \in INS_n, \\ P \in \{True, False\}, PD = \emptyset, idn_n = \emptyset\}; \\ \forall ou_m = \{idm_m, PD, insm_m, P | idm_m \in ID, insm_m \in INS_m, \\ P \in \{True, False\}, \forall in_n \neq ou_m\}, \end{cases} \quad (*)$$

где

–  $ID = \{ID_n, ID_m\}$  – множество идентификаторов доступа в систему, где  $ID_n = \{idn_1, idn_2, \dots, idn_n\}$  – множество идентификаторов доступа в административную панель ИСИБ,  $ID_m = \{idm_1, idm_2, \dots, idm_m\}$  – множество идентификаторов доступа в клиентскую часть ИСИБ;

–  $PD$  – персональные данные пользователей;

–  $INS = \{INS_n, INS_m\}$  – множество инструкций, определяющих ограничение доступа и роль пользователя ИСИБ, где  $INS_n = \{insn_1, insn_2, \dots, insn_n\}$  описывает инструкции для административной части СУ ИСИБ,  $INS_m = \{insm_1, insm_2, \dots, insm_m\}$  описывает инструкции для клиентской части ИСИБ;

–  $P$  – параметр, определяющий текущее состояние пользователя (например, заблокирован пользователь или нет).

Система (\*) показывает, что внутренние пользователи должны иметь уникальные персональные данные и идентификатор

доступа в СУ ИСИБ. В целях безопасности системы у каждого пользователя будет свой уровень доступа и полномочия в СУ ИСИБ, которые описываются правилами INS. Внешний пользователь делится на зарегистрированного пользователя и посетителя клиентской части СУ ИСИБ. Поэтому для внешнего пользователя не обязательно иметь уникальные персональные данные и идентификатор доступа в СУ ИСИБ.

Согласно рис. 2, в целях безопасности и удобства работы СУ ИСИБ разделена на клиентскую и административную части. Управление клиентской частью происходит через административную панель, что обеспечивает дополнительную защиту для атаки извне. Тем не менее для проведения атаки внешним злоумышленником на веб-портал, достаточно определить уязвимость системы. Поэтому для защиты информационного ресурса ИСИБ опишем модель информационной атаки на систему из трех основных множеств:  $K = \{k_1, k_2, k_3, \dots, k_n \mid n \in N\}$  – множество незащищенностей системы,  $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n \mid n \in N\}$  – множество способов атак на систему,  $Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_n \mid n \in N\}$  – множество отрицательных воздействий на ИСИБ после совершения атак. Тогда взаимное отношение трех множеств можно описать с помощью тернарного отношения  $M = K \times A \times Z$ , которое интерпретируется следующим образом: атака, реализуемая множеством способов  $A$ , направленная на веб-портал злоумышленником, использующим множество незащищенностей  $K$ , приводит к множеству отрицательных воздействий на систему из множества  $Z$ .

Для бесперебойного функционирования веб-портала опишем множество средств защиты  $F = \{f_1, f_2, f_3, \dots, f_n \mid n \in N\}$  для системы ИСИБ в виде обобщенного графа  $G = \{L; E\}$ , где  $L = \{l_1, l_2, l_3, l_4, l_5\}$  – множество вершин графа,  $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4\}$ ,  $E \subseteq L$  – множество дуг графа. Каждой дуге графа ставится в соответствие тернарное отношение  $M = K \times A \times Z$ . В каждую вершину графа  $G$  могут входить одновременно несколько дуг, которые приводят к одинаковым последствиям [3].

Введем следующие обозначения для описания графа  $G$ . К множеству  $F$  относятся организационные и технические средства защиты системы ИСИБ. Множество информационных ресурсов клиентской и административной частей веб-портала обозначим как множество  $D = \{d_1, d_2, d_3, \dots, d_n \mid n \in N\}$ , множество аппаратного обеспечения – как

множество  $H = \{h_1, h_2, h_3, \dots, h_n \mid n \in N\}$ , множество программного обеспечения как  $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_n \mid n \in N\}$ , множество пользователей ИСИБ как  $U$ , множество инструкций, определяющих ограничение доступа и роль пользователя ИСИБ, как множество INS.

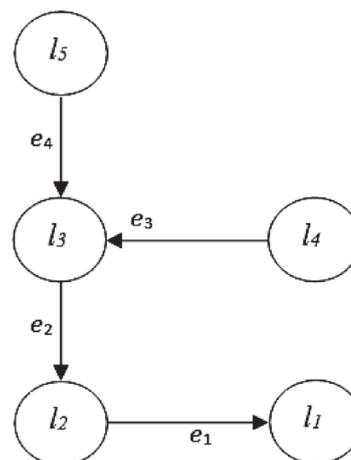


Рис. 3. Обобщенный граф  $G = \{L; E\}$

Обобщенный граф  $G$ , изображенный на рис. 3, представляет собой модель взаимоотношений множеств  $F, D, S, H, M, USER, INS$  друг с другом. Первым делом формируется множество  $H$  в вершине  $l_1$  для хранения и передачи информации множества  $D$ , к нему относятся веб-серверы, сетевое оборудование и т.д. Далее в вершине  $l_2$  формируется множество  $S$  – множество прикладных программных приложений, предназначенных для выполнения определенных задач и рассчитанных на взаимодействие с пользователями системы ИСИБ. Дуга  $e_1 = s_n \times h_n$  задает взаимосвязь между множествами  $S$  и  $H$  (где  $s_n \in S, h_n \in H$ ), как прикладное программное приложение  $s_n$ , установленное на аппаратном обеспечении  $h_n$ . В вершине  $l_3$  расположено множество  $D$ , куда входят служебные данные, файловые ресурсы, документы пользователей ИСИБ. Дуга  $e_2$  с помощью тернарного отношения  $d_n \times s_n \times h_n$  описывает взаимоотношения информационных ресурсов  $d_n$ , которые обрабатываются элементами  $s_n$ , установленных на  $h_n$ . Вершина  $l_4$  определяет множество категорий пользователей веб-портала  $USER$ , а также множество INS, описывающее права доступа для категорий пользователей в клиентскую и административную части СУ ИСИБ. Дуга  $e_3$  формирует взаимосвязь трех множеств  $USER, D, INS$ , как  $USER \times D \times INS$  и интерпретируется следующим образом: множество пользователей СУ ИСИБ  $USER$

имеют доступ к множеству ресурсов веб-портала  $D$ , регламентирующие множеством правил  $INS$ , ограничивающие права доступа пользователей в целях безопасности. Вершина графа  $I_5$  – множество методов защиты  $F$  обеспечивает защиту ресурсов  $D$  с учетом взаимодействия множеств  $K, A, Z$ . Тернарное отношение  $M$  определяет оценку ущерба, который может быть нанесен в случае успешной атаки на информационные ресурсы веб-портала. Дуга  $e_4$  описывает множество методов защиты  $F$  информационного ресурса  $D$  с учетом множества  $M$  ( $e_4 = f_n \times d_n \times M, f_n \in F | n = \overline{1, N}$ ).

С помощью графовой модели  $G = \{L; E\}$  можно оценить значения риска с учетом определения уровня ущерба в случае успешной атаки на систему ИСИБ посредством описания множеств незащищенностей системы, способов атак на систему и множеств отрицательных воздействий на систему [5].

### Заключение

Показана модель СУ ИСИБ, которая имеет большое значение, заключающаяся в разработке приложений для структурирования контента и представления информации из различных источников в одном месте. С помощью данной модели будет реализован веб-портал для проектных организаций в сфере космической деятельности. Для эффективной защиты СУ ИСИБ описана с помощью теории графов логическая взаимосвязь между множествами уязвимостей, информационной атаки извне и их последствия на систему ИСИБ. Уравнение (\*) и граф  $G$  помогут описать права доступа к ресурсам веб-портала для разных категорий пользователей, также позволит учесть взаимосвязь уязвимостей системы при нарушении функционирования СУ ИСИБ или атаки и их возможные последствия. В дальнейшем обобщенный граф  $G = \{L; E\}$  позволит разработать рекомендации по

повышению уровня безопасного функционирования для клиентской и административной частей системы веб-портала.

### Список литературы

1. Воройский Ф.С. Информатика. Энциклопедический систематизированный словарь-справочник: введение в современные информационные и телекоммуникационные технологии в терминах и фактах. – М.: Физматлит, 2006. – 945 с.
2. Деятельность и направление компании АО «Национальная компания «Казакстан Ғарыш Сапары». – Режим доступа: <http://gharysh.kz/about/activity/> (дата обращения: 07.09.2016 г.).
3. Домнин Л.Н. Элементы теории графов: учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. – 144 с.
4. Киреев С.Г., Гриншпон И.Э. Элементы теории множеств: учебное пособие. – Томск, 2003. – 42 с.
5. Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Остроух А.В. Проектирование информационных систем управления документооборотом научно-образовательных учреждений: монография. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 216 с.
6. Меньков А.В., Острейковский В.А. Теоретические основы автоматизированного управления. – М.: Изд-во Оникс, 2005. – 640 с.
7. Статистика уязвимостей корпоративных информационных систем. – Positive Technologies, 2016. – Режим доступа: <http://www.ptsecurity.ru/upload/ptru/analytics/Corporate-Vulnerability-2015-rus.pdf> (дата обращения: 20.07.2016 г.).

### References

1. Voroyisky F.S. Informatika. Entsiklopedicheskiy sistematizirovanny slovar-spravochnik: vvedeniye v sovremennyye informatsionnyye i telekommunikatsionnyye tekhnologii v terminakh i faktakh. M.: Fizmatlit, 2006. 945p.
2. Activities and direction of the Joint-Stock Company «National Company «Kazakhstan Gharysh Sapary». Rezhim dostupa: <http://gharysh.kz/about/activity/> (data obrashcheniya: 07.09.2016 g.).
3. Domnin I.N. Elementy teorii grafov: uchebnoye posobiye. Penza: Izd-vo Penz.gos.un-ta, 2007. 144 p.
4. Kireyenko S.G., Grinshpon I.E. Elementy teorii mnozhestv (uchebnoye posobiye). Tomsk, 2003. 42 p.
5. Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Ostroukh A.V. Proyektirovaniye informatsionnykh sistem upravleniya dokumentooborotom nauchno-obrazovatelnykh uchrezhdeniy: monografiya. Tambov: izd-vo FGBOU VPO «TGTU», 2015. 216 p.
6. Menkov A.V., Ostreykovskiy V.A. Teoreticheskiye osnovy avtomatizirovannogo upravleniya. M.: Izd-vo Oniks, 2005. 640 p.
7. Statistika uyazvimostey korporativnykh informatsionnykh sistem. Positive Technologies, 2016. Rezhim dostupa: <http://www.ptsecurity.ru/upload/ptru/analytics/Corporate-Vulnerability-2015-rus.pdf> (data obrashcheniya: 20.07.2016 g.).

УДК 626-337

## РАСЧЕТ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА В ВИХРЕВОЙ КАМЕРЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ НИЖНИХ БЬЕФОВ ГИДРОУЗЛОВ ОТ РАЗМЫВА

Поздеев А.Г., Кузнецова Ю.А.

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,  
Йошкар-Ола, e-mail: PozdeevAG@volgatech.net, KuznetsovaYA@volgatech.net*

В статье рассматривается автоматизированная методика расчета мобильного аналога вихревой галереи М.В. Потапова для защиты нижних бьефов гидроузлов от формирования воронок размыва. В качестве основной составляющей, формирующей вихри, направленные нормально основному потоку, используется вихревая камера. Для расчета используются уравнения процессов стационарного движения идеальной жидкости в вихревой камере в форме Громеки – Ламба при отсутствии внешних объемных сил. Решение указанных уравнений в прикладной среде MathCAD позволило установить линейную и угловую скорости вихря, распределение давления в камере, зависимость коэффициента использования сечения камеры и на этой основе определить величину завихренности потока, формируемого системой. Экстремальное значение коэффициента использования сечения вихревой камеры достигается за счет увеличения живого сечения потока, выходящего из камеры, и снижения тангенциальных скоростей в точках, расположенных на оси камеры.

**Ключевые слова:** гидроузел, нижний бьеф, размыв, идеальная жидкость, уравнения Громеки-Ламба, вихревая камера, коэффициент использования сечения камеры, эффект запираания, MathCAD

## CALCULATION OF KINEMATIC CHARACTERISTICS OF FLOW IN VORTEX CHAMBER FOR HYDROSYSTEM TAILRACE PROTECTION AGAINST EROSION

Pozdeev A.G., Kuznetsova Yu.A.

*Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola,  
e-mail: PozdeevAG@volgatech.net, KuznetsovaYA@volgatech.net*

In the paper there is discussed an automated method of calculating a mobile analog of the vortex gallery of M.V. Potapov in order to protect the hydrosystem tailraces against erosion pool formation. The vortex chamber is used as the main component, forming vortices directed normal to the main flow. The calculation is based on the Gromeka-Lamb equations of perfect liquid motion in the vortex chamber without external body forces. The solution of these equations in MathCAD software environment allowed to establish linear and angular vortex velocities, pressure distribution in the chamber, and dependence of the chamber cross-section utilization factor, as well as to determine on this basis the vorticity of the flow, generated by the system. Extreme value of the chamber cross-section utilization factor is achieved by increasing the effective cross-section of the flow, running out of the chamber, and by reducing the tangential velocities at points located on the chamber axis.

**Keywords:** hydrosystem, tailrace, erosion, perfect liquid, Gromeka – Lamb equations, vortex chamber, chamber cross-section utilization factor, blocking effect, MathCAD

В работе рассматривается применение искусственной поперечной циркуляции для защиты нижних бьефов гидроузлов от размыва [4]. Наиболее эффективным среди известных способов регулирования русловых процессов, основанных на создании искусственной поперечной циркуляции, является использование донных галерей М.В. Потапова [5]. Расчеты действия поперечных донных галерей в MathCAD по методу источников для условий водосливной плотины Чебоксарской ГЭС показали их недостаточную эффективность [3]. С учетом того, что галерея не может быть установлена непосредственно в месте размыва, ее применение малоэффективно. Установка галерей на действующем гидроузле является сложной технической задачей. Это вызывает не-

обходимость разработки регуляторов скорости потока, основанных на новом принципе действия.

При использовании в качестве средств регулирования кинематических характеристик водного потока распределенных завихрений могут быть получены новые технические решения (рис. 1), позволяющие реализовать гашение придонных скоростей до уровня, обеспечивающего устойчивость дна нижнего бьефа.

Конструкция устройства для защиты нижних бьефов гидроузлов от размыва на основе систем гидравлически коротких трубопроводов состоит из ряда вихревых камер (рис. 1), расположенных поперек руслового потока подобно поперечной вихревой галерее. Жидкость поступает в каждую из камер

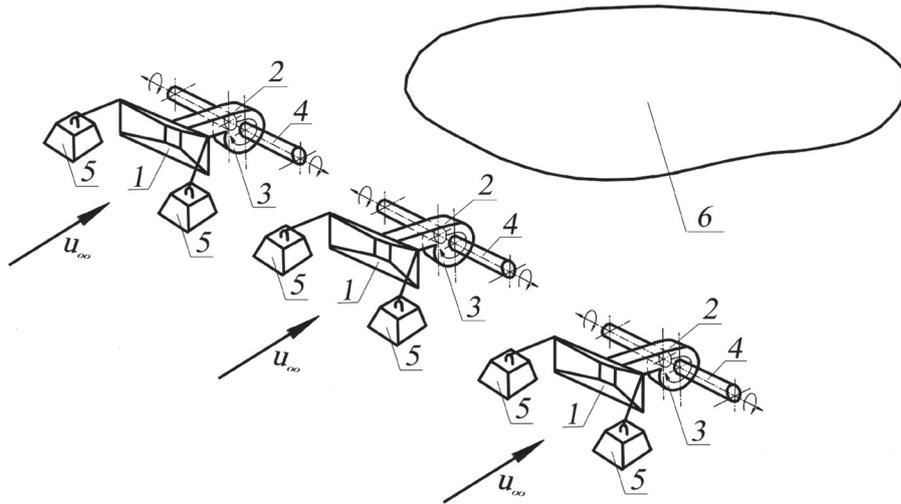


Рис. 1. Расположение системы вихревых камер в потоке:  
1 – конфузор; 2 – подводящий патрубок; 3 – камера; 4 – направляющий патрубок;  
5 – донный якорь; 6 – область размыва

через конфузторы 1, в которых ее скорость возрастает, а затем посредством поворотного патрубка 2 направляется в вихревую камеру 3. Из вихревой камеры 3 циркуляционный поток через патрубок 4 направляется наружу. При соединении завихренных потоков смежных камер образуется вихревая структура достаточной длины, имеющая направление вращения, замедляющее скорость в придонном слое.

В качестве математической модели предлагаемых регуляторов может использоваться теория вращательного движения идеальной жидкости [1]. Для описания поступательно-вращательного движения потока использованы уравнения динамики идеальной жидкости в форме Громеки – Ламба в пренебрежении внешними объемными силами.

В цилиндрической системе координат  $r$ ,  $\theta$ ,  $z$  вихрь постоянного радиуса имеет угловую скорость [2]

$$\omega_z = \frac{1}{2} \left( \frac{du_\tau}{dr} + \frac{u_\tau}{r} \right), \quad (1)$$

где  $u_\tau$  – касательная скорость в плоскости вихря;  $r$  – радиальная координата частицы вихря.

В области за пределами вихря вращение частиц отсутствует, поэтому  $\omega_z = 0$ , и

$$\frac{du_\tau}{u_\tau} = \frac{dr}{r}. \quad (2)$$

При постоянной интегрирования, выраженной через циркуляцию скорости  $\Gamma$ , интегрирование равенства (2) дает

$$u_\tau = \frac{\Gamma}{2\pi r}. \quad (3)$$

При совпадении вращения вихря с осью  $z$  и давлении в бесконечности  $p_\infty$  уравнение Бернулли имеет вид

$$\frac{p}{\rho} + \frac{u_\tau^2}{2} = \frac{p_\infty}{\rho}, \quad (4)$$

где  $p$  – текущее давление;  $\rho$  – плотность жидкости.

Избыточное давление при касательных скоростях в поле вихря  $u_\tau = \frac{\Gamma}{2\pi r}$  равно

$$p - p_\infty = -\frac{\rho\Gamma^2}{8\pi^2 r^2}. \quad (5)$$

Приращение давления при циркуляции скорости  $\Gamma = 2\pi r_c^2 \omega_z$  и радиусе камеры  $r_c$  равно

$$dp = \left( \frac{\rho\omega_z^2}{2} \right) dr_c. \quad (6)$$

Интегрируя (6) при  $p = \text{const}$ ,  $\omega_z = \text{const}$ , и постоянной  $C = p_\infty - \rho\omega_z^2 r_c^2$ , найдем

$$p - p_\infty = \frac{\rho\omega_z^2 (r^2 - 2r_c^2)}{2}. \quad (7)$$

Площадь сечения вихря, через которое жидкость движется поступательно, равна

$$S = \pi(r^2 - r_c^2). \quad (8)$$

Коэффициент использования сечения вихря равен

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{r_c}{r}\right)^2. \quad (9)$$

Интеграл Громеки для несжимаемой идеальной жидкости имеет вид

$$\frac{p_{\text{вх}}}{\rho g} + \frac{u_{\text{вх}}^2}{2g} = \frac{p_{\text{вх}}}{\rho g} + \frac{u_{\tau}^2}{2g} + \frac{u_z^2}{2g} = H, \quad (10)$$

где  $u_{\text{вх}}$ ,  $u_{\tau}$ ,  $u_z$  – полная, тангенциальная и осевая скорости,  $u_{\text{вх}}^2 = u_{\tau}^2 + u_z^2$ ;  $H$  – напор, м.

Проектируя силы на направление радиуса, имеем

$$dP - dF = 0, \quad (11)$$

где  $dP$  – элементарная сила давления на стенку;  $dF$  – элементарная центробежная сила.

Величина элементарной внутренней силы давления на стенки камеры равна

$$dP = dpS_{\text{бок}} = dp2\pi rl, \quad (12)$$

где  $dp$  – элементарное внутреннее давление;  $S_{\text{бок}}$  – площадь боковой поверхности,  $S_{\text{бок}} = 2\pi rl$ ;  $r$ ,  $l$  – внутренний радиус и длина участка камеры.

Элементарная центробежная сила равна

$$dF = dma_{\text{цб}} = (\rho S_{\text{бок}} dr) \left( \frac{u_{\tau}^2}{r} \right), \quad (13)$$

где  $dm$  – масса слоя жидкости,  $dm = \rho S_{\text{бок}} dr$ ;  $a_{\text{цб}}$  – центробежное ускорение,

$$a_{\text{цб}} = \frac{u_{\tau}^2}{r}. \quad (14)$$

Из условия  $dF = dP$  получаем равенство

$$dp = \rho \left( \frac{u_{\tau}^2}{r} \right) dr. \quad (15)$$

Из сохранения момента количества движения найдем

$$r = \frac{u_{\text{вх}} r_{\text{вх}}}{u_{\tau}}. \quad (16)$$

Дифференцируем последнюю формулу

$$dr = -\frac{u_{\text{вх}} r_{\text{вх}}}{u_{\tau}^2} du_{\tau} = -\frac{u_{\tau} r}{u_{\tau}^2} du_{\tau} = -\frac{r}{u_{\tau}} du_{\tau} \quad (17)$$

и, подставляя в уравнение (14), получим

$$dp = -\rho u_{\tau} du_{\tau}. \quad (18)$$

Интегрируем полученное выражение, найдем

$$\frac{p}{\rho g} = -\frac{u_{\tau}^2}{2g} + C. \quad (19)$$

Из условия на границе ядра вихря  $u_{\tau} = u_{\text{тм}}$  следует

$$C = \frac{v_{\text{тм}}^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g}. \quad (20)$$

Поэтому

$$\frac{p}{\rho g} = -\frac{u_{\tau}^2}{2g} + \frac{v_{\text{тм}}^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g}. \quad (21)$$

Сопоставляя уравнения (10) и (21), получим

$$H = \frac{u_{\text{тм}}^2}{2g} + \frac{u_z^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g}. \quad (22)$$

Уравнение неразрывности потока имеет вид

$$Q = u_0 \varepsilon \pi r_0^2,$$

с другой стороны,

$$Q = u_{\text{вх}} \pi r_{\text{вх}}^2,$$

где  $u_{\text{вх}}$ ,  $r_{\text{вх}}$ ,  $u_0$ ,  $r_0$  – скорость и радиус входного и выходного сечений камеры.

Сравнивая эти два выражения, получим

$$u_{\text{вх}} = u_0 \varepsilon \left( \frac{r_0}{r_{\text{вх}}} \right)^2, \quad (23)$$

или, с учетом сохранения момента количества движения для неразрывной струи  $u_{\text{вх}} R_{\text{вх}} = u_{\tau} r$ ,

$$u_{\tau} = u_z \left( \frac{R_{\text{вх}}}{r} \right) \left( \frac{r_0}{r_{\text{вх}}} \right)^2 \quad \text{и} \quad u_z = \sqrt{u_0^2 - u_{\tau}^2}, \quad (24)$$

где  $R_{\text{вх}}$  – плечо частицы потока, равное расстоянию от оси вращения потока до центра тяжести камеры,  $R_{\text{вх}} = R_{\text{к}} - r_{\text{вх}}$ ;  $R_{\text{к}}$  – радиус камеры.

Из (24) тангенциальная скорость около стенки насадка  $r = r_0$  равна

$$u_{\tau 0} = \frac{u_z \varepsilon (R_{\text{к}} - r_{\text{вх}}) r_0}{r_{\text{вх}}^2}. \quad (25)$$

Та же скорость на границе вихря, где нет избыточного давления и  $r = r_m$ ,

$$u_{\text{тм}} = u_z \varepsilon \frac{(R_{\text{к}} - r_{\text{вх}}) r_0^2}{r_{\text{вх}}^2 r_m}. \quad (26)$$

Отсюда, принимая во внимание выражение (9), получаем

$$u_{tm} = \frac{u_z A \varepsilon}{\sqrt{1 - \varepsilon}}, \quad (27)$$

где  $A$  – геометрическая характеристика вихревой камеры

$$A = \frac{(R_k - r_{\text{вх}}) r_0}{r_{\text{вх}}^2}. \quad (28)$$

Подставляя значение из выражений (21) и (27) и решая полученное уравнение относительно  $\Delta p$ , находим

$$\frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{u_3^2}{2n} \left( \frac{1}{\varepsilon^2} + \frac{A^2}{1 - \varepsilon} \right), \quad (29)$$

где  $\frac{\Delta p}{\rho g} = H - p_z / \rho g$ ;  $u_3 = u_z \varepsilon$ .

Отсюда

$$u_3 = \xi \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}, \quad (30)$$

где  $\xi$  – коэффициент скорости.

Далее рассматривается расчет в среде MathCAD кинематических характеристик потока, формируемого конструкцией, выполненной в виде вихревой камеры [2].

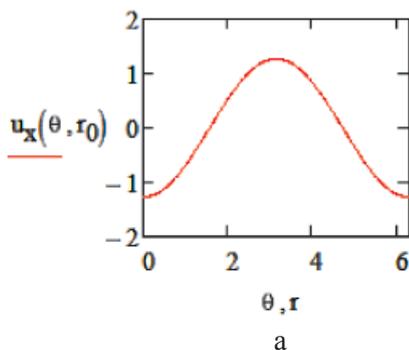
#### Численное моделирование в среде MathCAD

Циркуляция скорости  $\Gamma := 2 \text{ м}^2/\text{с}$ .

Радиус входного патрубка вихревой камеры  $r_0 := 0,25 \text{ м}$ .

Линейная скорость на границе входного патрубка вихревой камеры

$$u_{\tau 0} := \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot r_0} = 1,273 \text{ м/с}.$$



Текущий полярный радиус-вектор  $r := 0 \dots r_0 \text{ м}$ .

Текущий угол поворота полярного радиуса-вектора  $\theta := 0, \pi/180 \dots 4 \cdot \pi \text{ м}$ .

Компоненты декартовой системы координат  $x(\theta, r) := r \cdot \cos(\theta)$ , м;  $y(\theta, r) := r \cdot \sin(\theta)$ , м.

Проекции скорости точки вихря на оси декартовой системы координат (рис. 2):

$$u_x(\theta, r) := \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{x(\theta, r)}{x(\theta, r)^2 + y(\theta, r)^2}, \text{ м/с};$$

$$u_y(\theta, r) := \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{y(\theta, r)}{x(\theta, r)^2 + y(\theta, r)^2}, \text{ м/с}.$$

Угловая скорость на границе входного патрубка

$$\omega_{\tau 0} := \frac{u_{\tau 0}}{r_0} = 5,093 \text{ рад/с}.$$

Текущая температура воздуха  $t := 14^\circ\text{C}$ .

Текущая температура воздуха

$$T := t + 273,5 = 287,5 \text{ К}.$$

Регрессионная зависимость плотности воды от температуры

$$\rho(t) := (1000 - 0,062 \cdot t - 0,00355 \cdot t^2) = 999,082 \text{ кг/м}^3.$$

Ускорение свободного падения  $g := 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Удельный расход плотины  $q := 4,66 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Скорость течения в нижнем бьефе  $v_n := 0,83 \text{ м/с}$ .

Глубина потока в нижнем бьефе

$$H_{\text{нб}} := \frac{q}{v_n} = 5,614 \text{ м}.$$

Глубина погружения рассматриваемой точки потока  $h := 0 \dots H_{\text{нб}}$ , м.

Гидростатическое давление

$$p_0(h) := \rho(T) \cdot g \cdot h, \text{ Па}$$

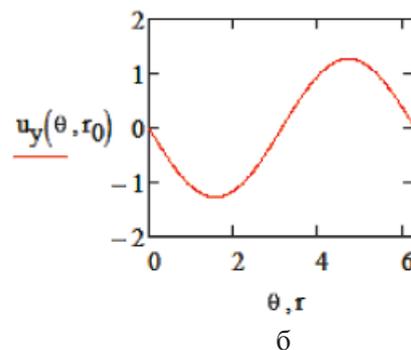


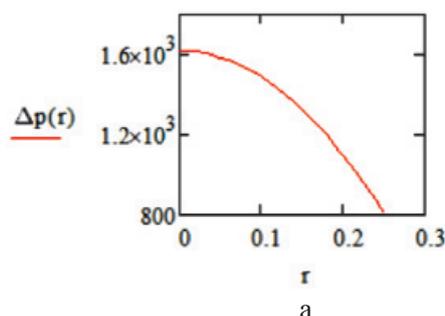
Рис. 2. Компоненты линейной скорости вихря в проекции на оси координат  $x, y$ , м

Избыточное давление в центре вихря  
 $\Delta p_c := -\rho(T) \cdot \Gamma^2 / 8 \cdot \pi^2 \cdot r_0^2 = -558,276 \text{ Па.}$

Текущий полярный радиус-вектор  
 $r := 0,001 \dots r_0, \text{ м.}$

Распределение давления в ядре вихря во входном патрубке вихревой камеры (рис. 3, а)

$$\Delta p(r) := -\frac{\rho \cdot \omega_{\tau 0}^2}{2} \cdot (r^2 - 2 \cdot r_0^2), \text{ Па.}$$



Осевая скорость в вихревой камере

$$u_z := \sqrt{u_0^2 - u_{\tau}^2} = 9,995 \text{ м/с.}$$

Геометрическая характеристика вихревой камеры

$$A := (r_{\text{вх}} - r_0) \cdot \frac{r_0}{r_{\text{вх}}^2}.$$

Коэффициент скорости (рис. 4, а)

$$\xi(\varepsilon_i) := 1 / \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_i^2} + \frac{A}{1 - \varepsilon_i}}.$$

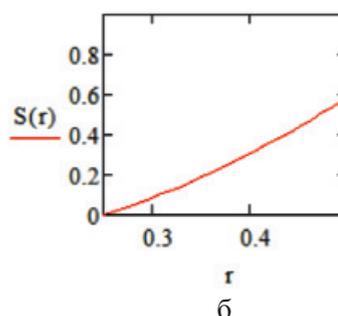


Рис. 3. Изменение давления в ядре вихря (а) и живого сечения (б) от радиуса

Входной радиус вихревой камеры  
 $r_{\text{вх}} := 0,5 \text{ м.}$

Текущий радиус вихревой камеры  
 $r := r_0, r_0 + 0,01 \dots r_{\text{вх}}, \text{ м.}$

Площадь сечения, через которую жидкость движется поступательно (рис. 3, б)

$$S(r) := \pi \cdot (r^2 - r_0^2), \text{ м}^2.$$

Коэффициент использования сечения вихря (рис. 4, а)  $\varepsilon(r) := 1 - (r_0/r)^2$ ;  $\varepsilon_i := \varepsilon(r)$ .

Осевая скорость на выходе из патрубка  
 $u_0 := 10,0 \text{ м/с.}$

Коэффициент использования сечения вихря при входе в вихревую камеру

$$\varepsilon_{\text{вх}} := 1 - \left( \frac{r_0}{r_{\text{вх}}} \right)^2 = 0,75.$$

Осевая скорость на входе в вихревую камеру

$$u_{\text{вх}} := u_0 \cdot \varepsilon_{\text{вх}} \cdot \left( \frac{r_0}{r_{\text{вх}}} \right)^2 = 1,875 \text{ м/с.}$$

Плечо частицы потока от оси вращения до центра тяжести камеры  $R_{\text{вх}} := r_{\text{вх}} - r_0, \text{ м.}$

Тангенциальная скорость в вихревой камере

$$u_{\tau} := u_{\tau 0} \cdot \frac{R_{\text{вх}}}{r_0} \cdot \frac{r_0}{r_{\text{вх}}} = 0,318 \text{ м/с.}$$

Из графика (рис. 4, б) следует, что в зависимости от коэффициента использования сечения вихревой камеры может установиться тот или иной расход. При очень больших или очень малых коэффициентах использования сечения вихревой камеры коэффициент расхода принимает малые значения. В первом случае расход уменьшается за счет малых живых сечений для прохода жидкости, во втором случае – малые значения продольной скорости, снижающиеся за счет с создания больших тангенциальных скоростей в точках, расположенных близко к оси камеры, приводят к уменьшению осевого расхода.

### Интерпретация результатов

В результате расчета кинематических характеристик потока в вихревой камере установлено, что в зависимости от коэффициента использования сечения расход через камеру может принимать экстремальное значение. При очень больших или очень малых коэффициентах использования сечения вихревой камеры коэффициент расхода принимает малые значения вплоть до «запирания» системы. В первом случае расход уменьшается за счет малых сечений для прохода жидкости, во втором случае – малые значения продольные скорости, снижающиеся за счет создания больших тангенциальных

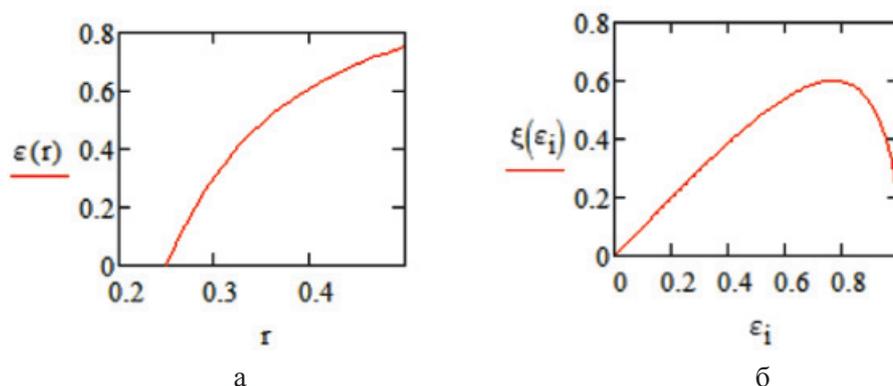


Рис. 4. Зависимость коэффициента использования сечения камеры от ее радиуса (а) и коэффициента скорости от коэффициента использования сечения (б)

скоростей в точках, расположенных близко к оси камеры, приводят к уменьшению осевого расхода.

Разработанная информационно-технологическая модель, реализованная в среде MathCAD, позволяет автоматизировать процесс расчета кинематических параметров устройства для гидродинамической защиты нижних бьефов гидроузлов от русловых деформаций на основе систем гидравлически коротких трубопроводов.

#### Список литературы

1. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. – М.: Мир, 1973. – 758 с.
2. Киясбейли А.Ш. Вихревые счетчики-расходомеры / А.Ш. Киясбейли, М.Е. Перельштейн. – М.: Машиностроение, 1974. – 160 с.
3. Кузнецова Ю.А. Средства инженерно-экологической защиты нижних бьефов гидроузлов: монография. – Йошкар-

Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014. – 260 с.

4. Поздеев А.Г. Размыв нижних бьефов гидротехнических сооружений турбулентным потоком / А.Г. Поздеев, Ю.А. Кузнецова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 5. – С. 263–265.

5. Потапов М.В. Сочинения. – М.: Госиздат, 1950. – Т. 1. – 397 с.; 1951, Т. 2. – 518 с.

#### References

1. Bjetcheloz Dzh. Vvedenie v dinamiku zhidkosti [Introduction to flow dynamics]. Moscow, Mir, 1973. 758 p.
2. Kijasbejli A. Sh., Perelshtejn M. E. *Vihrevye schetchiki-rashodometry* [Vortex flow meters]. Moscow, Mashinostroenie, 1974. 160 p.
3. Kuznetsova Y. A. *Sredstva inzhenerno-jeologicheskoy zashhity nizhnih befov gidrouzlov: monografija* [Engineering and environmental protection facilities in hydrosystem tailraces: monograph]. Yoshkar-Ola, Povolzhskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet, 2014. 260 p.
4. Pozdeev A. G., Kuznetsova Y. A. *Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzhja*, 2015, no. 5, pp. 263–265.
5. Potapov M. V. *Sochinenija* [Essays]. Moscow, Gosizdat, 1950, T. 1. 397 p.

УДК 621.928

## ДВИЖЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ СЕПАРАТОРЕ ПРИ СОРТИРОВКЕ

Полянин И.А., Макаров В.Е.

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,  
Йошкар-Ола, e-mail: MakarovVE@volgatech.net

Рассмотрены вопросы движения технологической щепы, полученной из пневой и некондиционной древесины, в электростатическом поле по смолистости. Рассмотрены существующие способы движения и последующей сортировки технологической щепы по смолистости. Получена математическая модель отклонения технологической щепы в электростатическом поле в зависимости от расстояния между электродами и напряжением между ними. Разработана экспериментальная установка и приведены результаты экспериментальных исследований. Определены основные режимы работы установки по сортировке технологической щепы в электростатическом поле. Получены зависимости влияния смолистости и влажности технологической щепы на её отклонение в постоянном электростатическом поле при свободном падении. Предложены технологические схемы движения и сортировки щепы полученной из пневой и некондиционной древесины на предприятиях лесохимической промышленности. Сделаны основные выводы и рекомендации.

**Ключевые слова:** технологическая схема, движение, технологическая щепка, смолистость, электростатическое поле, напряжение, пневая древесина, влажность

## MOVEMENT PULPCHIPS THE ELECTROSTATIC SEPARATOR AT SORTING

Polyanin I.A., Makarov V.E.

Povolzhsky State Technological University, Yoshkar-Ola, e-mail: MakarovVE@volgatech.net

The questions pulpchips movement derived from Pniewy and substandard wood, in an electrostatic field on gummosity. The existing methods of movement and the subsequent processing chip sorting gummosity. The mathematical model of deflection of wood chips in an electrostatic field, depending on the distance between the electrodes and the voltage between them. The experimental setup and the results of experimental studies. The basic installation of the operating modes of sorting of wood chips in an electrostatic field. The dependence of the effect of resinous and technological chips humidity on its deviation in constant electrostatic field in free fall. Proposed technological scheme of movement and sorting of wood chips obtained from Pniewy and substandard timber enterprises resin industries. Made the main conclusions and recommendations.

**Keywords:** technological scheme, movement, technological wood chips, gummosity, electrostatic field, the voltage deviation, stump wood, humidity

Одним из важнейших условий для успешного выполнения задач в области лесной промышленности является повышение механизации технологических процессов и внедрения передовой ресурсосберегающей технологии на основе полного использования биомассы всех видов сырья лесозаготовительного производства. Одним из направлений полного использования биомассы дерева является широкое использование побочного вида сырья – пневой древесины, горбыля, сучьев, вершинок дерева и т.д., которое при современных условиях лесозаготовок составляет 15–25% от общего объема заготавливаемой древесины. Кроме того, полное использование отходов деревообрабатывающих предприятий является одним из факторов безотходной технологии производства [4–6].

Производство технологической щепы как исходного материала для целлюлозно-бумажного, гидролизного производства имеет большое народнохозяйственное значение. Максимальная переработка на технологическую щепу отходов древесины в лесопилении, деревообработке, а также пневой древесины приобретает огромное значение.

Основным сырьем канифольно-экстракционных и смоло-скипидарных предприятий является просмолившаяся хвойная древесина, а также пневой осмол, накапливающийся на вырубках в течение последующих 10–15 лет. За этот период заболонная часть пня сгнивает и остается ядровая древесина с высоким содержанием смолистых веществ. Рациональнее использовать в качестве сырья канифольно-экстракционного производства древесину и пни свежей порубки путем отделения смолистой части дерева от несмолистой. Так, например, свежие пни и отходы перерабатывающих предприятий следует превращать в технологическую щепу и сортировать её на щепу малой смолистости (менее 13%) и щепу высокой смолистости (выше 13%). Первая может быть успешно использована на целлюлозно-бумажных комбинатах, а вторая – на канифольно-экстракционных и смоло-скипидарных предприятиях.

**Цель исследования** – совершенствование эффективности электростатической сортировки технологической щепы из пневой древесины для канифольно-экстракционных и целлюлозно-бумажных предприятий лесохимического комплекса.

### Решаемые задачи, направленные на достижение цели

В отечественной и зарубежной практике промышленного производства существуют различные способы сортировки твёрдых и сыпучих материалов. Однако специфические особенности сортировки технологической щепы по смолистости исключают использование существующих способов для её разделения на высоко- и низкосмолистую. Единственным способом позволяющим достичь положительного результата, на наш взгляд, является разделение технологической щепы с помощью электростатического сепаратора [2].

В Сибирском технологическом институте разработан способ отделения частиц коры от стружечной массы в электрическом поле [3] в специальном сепараторе с биполярной короной. Основные узлы сепаратора – проволочные и пластинчатые электроды. Принцип работы сепаратора заключается в создании поля коронного разряда путём подачи на электроды высокого полярного напряжения. Стружечная смесь равномерно сбрасывается с транспортёра по направляющей в поле с биполярной короной.

При этом частицы коры приобретают избыточный отрицательный заряд и перемещаются в сторону положительных электродов, собираясь в секции приёмного бункера. Древесные частицы приобретают положительный заряд и перемещаются к отрицательным электродам.

В КирНИИЛПе разработан способ сортировки технологической щепы по смолистости, в основу которого положен способ электростатического разделения материалов, включающий доведение исходного материала до одинаковой степени влажности и обработку его в электрическом поле [1].

Предлагаемый способ [1] осуществляют в сепараторе свободного падения, который включает электроды размером 1000×1000 мм, размещённые под углом к вертикали, причем расстояние между электродами вверху и внизу составляет соответственно 100 и 200 мм. На электроды подают напряжение 100 кВ, при этом в межэлектродном пространстве образуется электростатическое поле, напряжённость которого находится в пределах от 5 до 10 кВ/см. Пневмой осмол, содержащий древесину двух видов, например заболонную и ядровую, измельчают, доводят до одина-

ковой степени влажности 4,3%, сортируют по крупности и направляют в электростатическое пространство. Поскольку содержание канифоли в указанных видах древесины различно, диэлектрические свойства их при влажности 4,3% значительно отличаются, что приводит к тому, что частицы с разным количеством канифоли получают заряды разной величины и притягиваются к разным электродам, при этом происходит отделение заболонной древесины от ядровой. Основным недостатком данного способа является его высокая энергоёмкость.

### Математическое моделирование

Составим уравнение равновесия всех сил действующих на заряженную щепу движущуюся в электрическом поле [8]. В проекции на ось абсцисс имеем

$$\sum X = 0; \quad -m\ddot{X} + \rho E - W \sin \alpha = 0. \quad (1)$$

В проекции на ось ординат запишем

$$m\ddot{y} - mg + W \cos \alpha = 0. \quad (2)$$

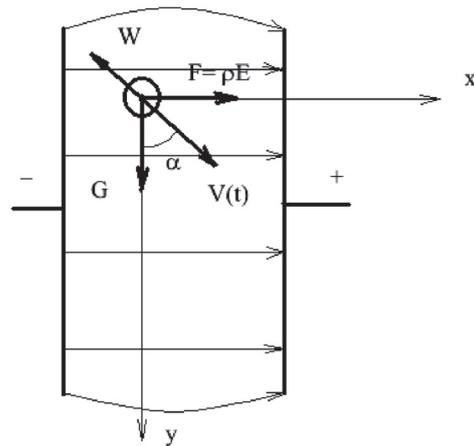


Рис. 1. Движение щепы в электростатическом поле

После двукратного интегрирования с учетом начальных условий получатся

$$\begin{aligned} x &= \frac{\rho E - W \sin \alpha}{2m} t^2; \\ y &= \frac{mg - W \cos \alpha}{2m} t^2, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $W$  – сила сопротивления положена не зависящей непосредственно от времени.

После исключения времени из уравнений как параметра, запишем уравнение

$$y = \frac{mg - W \cos \alpha}{\rho E - W \sin \alpha} x = \frac{G + 6\pi\mu a V_0 \cos \alpha}{\rho \frac{U_0}{(l_1 - l_2)} + 6\pi\mu a V_0 \sin \alpha} X, \quad (4)$$

которое описывает траекторию (прямую линию).

Отклонение щепы при падении составит

$$l^* = \frac{\rho \frac{U_0}{(l_1 + l_2)} + 6\pi\mu\alpha V_0 \sin \alpha}{G + 6\pi\mu\alpha V_0 \cos \alpha} l_0, \quad (5)$$

где  $l_0$  – высота падения щепы,

$$l^* = l_0 \frac{4\pi F (l_1 - l_2)^3}{(l_1 - l_2)\epsilon} + 6\pi\mu\alpha V_0 \sin \alpha}{G + 6\pi\mu\alpha V_0 \cos \alpha}. \quad (6)$$

Щепа представляет легкое продолговатое тело, падающее в воздухе в поле электрических сил и силы тяжести. В такой постановке возможны два варианта движения щепы: без вращения относительно продольной оси и с вращением, приобретаемым от случайного толчка. В последнем варианте при действии электростатического поля возможны два случая соответственно направлению вращения относительно направления поля.

Сила гидродинамического давления на щепу при ее вращательном движении в соответствии с известной теоремой Жуковского определяется в виде

$$W = \rho l \Gamma, \quad (7)$$

где  $V$  – скорость щепы (переменная величина);  $\Gamma$  – циркуляция скорости по контуру вокруг щепы.

Определим теперь виды траекторий центров тяжести щепы, падающей с заданным начальным вращением около продольной оси, остающейся горизонтальной.

При постоянной величине циркуляции скорости  $\Gamma$ , что предполагает пренебрежение

трением и непрерывность скоростей жидкости, дифференциальные уравнения щепы в плоскости  $(x, y)$  (рис. 2) запишутся в виде

$$\begin{cases} \frac{md^2x}{dt^2} = -\rho l V \Gamma \cos \alpha + qE; \\ \frac{md^2y}{dt^2} = \rho l V \Gamma \sin \alpha + mg, \end{cases} \quad (8)$$

где  $q$  – заряд щепы;  $\rho$  – плотность воздуха;  $l$  – длина щепы.

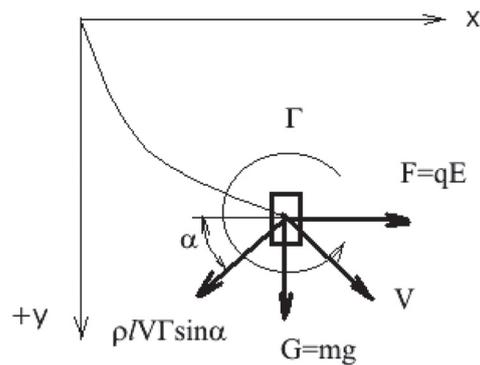


Рис. 2. Падение технологической щепы с вращением

После решения уравнения движения щепы будут:

а) при движении щепы в стационарном поле:

$$\begin{cases} x_c = \pm \frac{\pi\alpha}{4\mu^3} (1 - \cos \mu t) \pm \frac{g}{\mu^2} (\mu t - \sin \mu t); \\ y_c = \pm \frac{\pi\alpha}{4\mu^3} (\mu t - \sin \mu t) + \frac{g}{\mu^2} (1 - \cos \mu t); \end{cases} \quad (9)$$

б) при движении щепы в переменном по закону  $\cos \omega t$  поле:

$$\begin{cases} x_n = \pm \frac{g}{\mu^2} (\mu t - \sin \mu t) \pm \frac{\pi\alpha}{8\omega\mu} t \sin \omega t; \\ y_n = + \frac{g}{\mu^2} (1 - \cos \mu t) + \frac{\pi\alpha}{8\omega^2} \left( \sin \omega t - \frac{t}{\omega} \cos \omega t \right); \end{cases} \quad (10)$$

в) при движении щепы, в поле изменяющемся по закону «детектированной» синусоиды:

$$\begin{aligned} x_b &= \pm \frac{\alpha}{2\mu^3} (1 \pm \cos \mu t) \pm \frac{g}{\mu^2} (\mu t - \sin \mu t) \mp \frac{\alpha}{12\mu\omega} t \sin 2\omega t \mp \frac{\alpha}{120\mu\omega} t \sin 4\omega t; \\ y_b &= \pm \frac{\alpha}{2\mu^3} (\mu t - \sin \mu t) + \frac{g}{\mu^2} (1 - \cos \mu t) + \frac{\alpha}{12\omega^3} \left( \frac{1}{4} \sin 2\omega t - \frac{t}{2\omega} \cos 2\omega t \right) - \\ &\quad - \frac{\alpha}{120\omega^3} \left( \frac{1}{16} \sin 4\omega t - \frac{t}{4\omega} \cos 4\omega t \right). \end{aligned} \quad (11)$$

### Результаты исследования

Для определения конфигурации электродов сепаратора свободного падения необходимо знание траектории движения щепы в электрическом поле. С этой целью проведена серия экспериментальных исследований. В экспериментах использовалась щепка естественной и искусственной смолистости 8, 10, 13 и 22%. Предварительно определялось её отклонение в электрическом поле путем пропуска через сепаратор свободного падения [7]. Для определенной массы щепы каждой величины смолистости выбирались единичные экземпляры, одинаковые по размерам и массам, а затем совместно пропускались через установку. Каждый экземпляр щепы маркировался соответствующими условными знаками (точками). При этом устанавливалось, что маркировка не влияет на степень отклонения. Определение траектории движения щепы осуществлялось методом фотографирования. Предварительно определялось время движения щепы в сепараторе, служащее для определения соответствующей выдержки фотографирования. Для четкого определения траектории движения щепы окрашивалась в белый цвет меловым покрытием. Также было проверено отсутствие влияния окраски щепы на отклонение её в электрическом поле. При фотографировании была применена специальная подсветка. Результаты экспериментов представлены на рис. 3.



Рис. 3. Траектория движения щепы в электростатическом поле

Как видно из приведенных фотографий, в момент отрыва щепы от подзаряжающего транспортера щепка движется по дуге перпендикулярно силовым линиям электрического поля. Затем в пространстве между пластинами происходит постепенное отклонение в сторону положительного элект-

рода. При этом траектории движения во всех случаях представляют собой прямые линии. Наблюдается незначительное вращение щепы по часовой стрелке.

### Интерпретация результатов и их анализ

При эксперименте менялось положение электродов относительно осевой линии и величина подаваемого на электроды высокого напряжения. В ходе экспериментов было установлено, что при влажности щепы от 13 до 28% наилучшее разделение щепы происходит при напряжении 75 кВ. При данных начальных параметрах технологическая щепка повышенной смолистости в основном отклонялась к отрицательному электроду, а щепка малой смолистости – к положительному электроду. Таким образом, в процессе сортировки щепы необходимо в конструкции установки предусмотреть шторку, для разделения технологической щепы на высоко- и низкосмолистую. Разделительную шторку необходимо установить в нижней части установки два бункера для сбора технологической щепы.

С учетом проведенных экспериментальных исследований разработана технологическая схема переработки пнейвой древесины с использованием установки сортировки технологической щепы.

Очистка пнейвой древесины производится следующим образом (рис. 4).

Цельные пни (спелый осмол), заготовленные путем корчевания, подвозятся погрузочно-транспортной машиной на площадку к загрузочному конвейеру. С помощью манипулятора 1 пни подаются на загрузочный конвейер 2 и конвейером в установку гидроимпульсной очистки 3. Цельные пни при прохождении вдоль установки ЛО-107 подвергаются воздействию гидравлических импульсных струй, создаваемых гидроимпульсаторами. За счет этого происходит их очистка от грунта и гнили. Отходы попадают на вибросито, где происходит отделение воды, и затем удаляются ленточным конвейером 4. Очищенные пни выгружаются из установки гидроимпульсной очистки, попадают на выгрузочный конвейер 5 и подаются в приемный бункер 6 установки ЛО-109. Измельченные куски выгрузочным конвейером 7 и ленточным конвейером 8 подаются в рубильную машину 9 МРПП-30 для переработки в технологическую щепку. Полученная щепка скребковым конвейером 10 подается на подзаряжающий транспортер 11, а затем в установку 12 для сортировки технологической щепы на высоко и низко смолистую ЛО-115. Пневмотрубопроводами 13 и 14 разделенная щепка поступает для дальнейшей переработки.

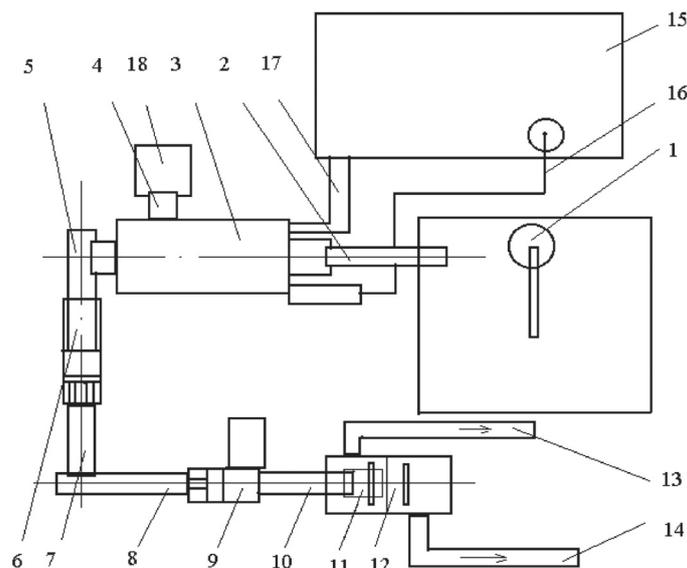


Рис. 4. Технологическая схема переработки спелого пневого осмола

### Выводы

1. Разработан новый способ сортировки технологической щепы на мало- и высокосмолистую в постоянном электростатическом поле высокого напряжения с предварительной подзарядкой отрицательным зарядом и может быть рекомендован для промышленного внедрения.

2. На основе законов физики и механики получены математические зависимости движения технологической щепы при свободном падении в постоянном и переменном электростатическом поле.

3. В момент отрыва щепы с подзаряжающего транспортера щепы движется по дуге перпендикулярно силовым линиям электрического поля. Затем в пространстве между пластинами происходит постепенное отклонение в сторону положительного электрода. Наблюдается незначительное вращение щепы по часовой стрелке.

4. Оптимальная величина выпрямленного высокого синусоидального напряжения для разделения щепы на высоко- и малосмолистую (критерий 13%) равна 75 кВ. Постоянное напряжение может меняться в пределах от 65 до 85 кВ. Напряжения, лежащие за этими пределами, неэффективны.

5. При установке в сепараторе свободного падения на уровне нижних кромок плоских электродов вертикальной твердой шторки разделяет технологическую щепу на две фракции соответственно ниже и выше 13% смолистости.

6. Разработаны схемы для технологического процесса лесозаготовительных предприятий с использованием предлагаемой установки для переработки пневой древесины на технологическую щепу.

### Список литературы

1. А.с. 858920 СССР, МКИЗ В 03 С 1/00. Способ электростатического разделения материалов преимущественно древесины / Ю.Г. Санников, Ю.Г. Мыров, Ю.П. Ивонин, П.И. Ротаренко, и Г.А. Андреев (СССР). – № 2788745/22-03; Заяв 02.07.79; Оpubл. 30.08.81, Бил. № 32. – 2 с.
2. Баруллин, В.Н. Сортировка древесных частиц в производстве древесно-стружечных плит. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 45 с.
3. Вайс А.А. Отделение частиц коры от стружечной массы // Деревообрабатывающая промышленность. – 1975. – № 1. – С. 5–6.
4. Гелес И.С. Биомасса дерева и ее использование / И.С. Гелес, З.А. Коржицкая. – Петрозаводск, 1992. – 230 с.
5. Коробов В.В. Комплексное использование древесины / В.В. Коробов, Н.П. Рушнов. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 88 с.
6. Коробов В.В. Переработка низкокачественного сырья (проблемы безотходной технологии) / В.В. Коробов, Н.П. Рушнов. – М.: Экология, 1991. – 288 с.
7. Патент РФ № 2231395, МКИ7 В 03 С 7/00. Способ электростатического разделения древесных материалов по смолистости / И.А. Полянин, А.Я. Полянин (Россия). – № 2002132607/03; Заявлено 12.04.02 Оpubл. 27.06.2004 – 4 с.
8. Тамм И.Е. Основы теории электричества. – М.: Наука, 1968. – 624 с.

### References

1. A.s. 858920 SSSR, MKI3 V 03 S 1/00. Sposob jelektrostaticeskogo razdelenija materialov preimushhestvenno drevesiny / Ju.G. Sannikov, Ju.G. Myrov, Ju.P. Ivonin, P.I. Rotarenko, i G.A. Andreev (SSSR). no. 2788745/22-03; Zajav 02.07.79; Opubl. 30.08.81, Bil. no. 32. 2 p.
2. Barullin, V.N. Sortirovka drevesnyh chastic v proizvodstve drevesno-struzhechnyh плит. M.: Lesnaja promyshlennost, 1977. 45 p.
3. Vajs A.A. Otdelenie chastic kory ot struzhechnoj massy // Derevoobrabatyvajushhaja promyshlennost. 1975. no. 1. pp. 5–6.
4. Geles I.S. Biomassa dereva i ee ispolzovanie / I.S. Geles, Z.A. Korzhickaja. Petrozavodsk, 1992. 230 p.
5. Korobov V.V. Kompleksnoe ispolzovanie drevesiny / V.V. Korobov, N.P. Rushnov. M.: Lesn. prom-st, 1981. 88 p.
6. Korobov V.V. Pererabotka nizkokachestvennogo syrja (problemy bezothodnoj tehnologii) / V.V. Korobov, N.P. Rushnov. M.: Jekologija, 1991. 288 p.
7. Patent RF no. 2231395, MKI7 V 03 S 7/00. Sposob jelektrostaticeskogo razdelenija drevesnyh materialov po smolistosti / I.A. Poljanin, A.Ja. Poljanin (Rossija). no. 2002132607/03; Zajavleno 12.04.02 Opubl. 27.06.2004 4 p.
8. Tamm I.E. Osnovy teorii jelektrichestva. M.: Nauka, 1968. 624 p.

УДК 656.1

**МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА****Потапова И.А., Бояршинова И.Н., Исмагилов Т.Р.***Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Пермь, e-mail: 7118tim7118@mail.ru*

Предлагаемая статья представляет аналитический обзор существующих в настоящее время методов моделирования транспортных потоков. В работе рассмотрены различные способы систематизации моделей и предпринята попытка создания двухуровневой классификации. В качестве первого уровня выступает степень детализации, принятая в модели. Второй уровень отражает метод моделирования. Представлены примеры моделей, наиболее точно отражающих свойства своего класса в соответствии с разработанной классификацией. Рассмотрены три основных класса моделей по уровню детализации: макрокопические модели, мезоскопические и микрокопические модели. Макроскопические модели отражают движение автомобилей как физического потока. Мезоскопические модели представляют переходную форму между микро- и макро- подходами. Микрокопические модели описывают движение каждого автомобиля в транспортном потоке. Приведен анализ описанных моделей, их достоинства и недостатки.

**Ключевые слова:** модели транспортного потока, классификация моделей транспортного потока, макрокопические модели, микрокопические модели, мезоскопические модели

**METHODS OF TRAFFIC FLOWS MODELING****Potapova I.A., Boyarshinova I.N., Ismagilov T.R.***Perm National Research Polytechnical University, Perm, e-mail: 7118tim7118@mail.ru*

This paper presents an analytical overview of current methods of traffic flow modelling. This work covers various ways of models systematization and attempts to apply a two-tier classification. The first classification tier deals with models' accepted detail level, while the second tier reflects its functional role. Each class is represented by model examples reflecting their class's properties in the best way. The first tier introduces three model classes based on their detail level: macroscopic, mesoscopic and microscopic models. Macroscopic models represent moving vehicles as a singular physical stream. Mesoscopic models are halfway between macro- and micro- approaches. Microscopic models describe characteristics of every vehicle within its stream. The presented models are analyzed, and their advantages and disadvantages are described in the paper.

**Keywords:** models of traffic flow, classification of traffic models, macroscopic models, microscopic model, mesoscopic model

На сегодняшний день невозможно представить жизнь без дорожного сообщения. Транспортные системы обеспечивают необходимые связи внутри городов и между ними. Постоянный рост числа автомобилей вынуждает оптимизировать дорожную сеть так, чтобы удовлетворить большую часть потребностей города. Чтобы свести риск инвестиций к минимуму, нужно учесть закономерности развития системы дорог, рассредоточение нагрузки на ее отдельных участках. Потому особое значение принимает моделирование и оптимальное планирование дорожной сети. Различные способы моделирования транспортных потоков призваны решать наиболее распространенные транспортные проблемы. В большинстве случаев модели позволяют определять такие параметры, как интенсивность движения, среднюю скорость движения, задержки и потери времени. В настоящей работе предпринята попытка изучить существующие модели транспортных потоков и их классификации по различным признакам.

**Классификации моделей  
транспортного потока**

Модели, применяемые для анализа транспортных сетей, весьма разнообразны. При этом на данный момент не существует исчерпывающей классификации методов моделирования. Систематизации в зависимости от решаемых задач осуществлялись по разным признакам. К примеру, в зависимости от метода решения – на аналитические и имитационные [2, 6]; по методам представления данных – на динамические модели, работающие в реальном времени, и статические, в которых параметры усредняются за определенный интервал времени [16]. По временной шкале различают непрерывные и дискретные модели [17]. По типу представления процесса модели делят на стохастические, в основе которых лежит зависимость от случайного сочетания параметров, и детерминированные, в которых следующее состояние транспортного потока однозначно определяется на основе предыдущего [15]. Основываясь на функциональной роли

моделей, можно условно выделить три основных класса [16]: прогнозные модели, имитационные модели, оптимизационные модели. Подобная классификация не отражает метод решения, а также допущения, положенные в основу модели.

Наиболее популярной является классификация по уровню детализации транспортного потока [22], где выделяют макроскопические модели, мезоскопические модели, микроскопические модели, субмикроскопические модели. Однако такая классификация не дает представления ни об области применения, ни о методе моделирования.

На взгляд авторов настоящей работы, возможна следующая классификация моделей транспортного потока по двум основным признакам: уровню детализации и методу моделирования.

– Макроскопические:

- модели – аналоги (модель Лайтхилла и Уизема, модель Гриншилдса);

– Мезоскопические:

- модели расчета матрицы межрайонных корреспонденций (гравитационная, энтропийная модели);

- модели распределения потоков (модель равновесного распределения потоков и оптимальных стратегий);

– Микроскопические:

- модели следования за лидером (модель оптимальной скорости, «модель умного водителя»);

- клеточные автоматы.

Данная классификация учитывает как методы моделирования, так и степень детализации. Рассмотрим более подробно некоторые из вышеперечисленных моделей.

### Макроскопические модели

Аналоговое моделирование описывает движение транспортных средств как движение специфической жидкости [9]. В процессе моделирования изучаются усредненные характеристики потока, такие как плотность, средняя скорость, интенсивность, но отдельные транспортные средства не рассматриваются. Макроскопические модели могут быть непрерывными, описываемыми дифференциальными уравнениями в частных производных, или дискретными. Гидродинамические модели могут учитывать или не учитывать инерцию. Модели, не учитывающие инерцию, нередко получают из уравнения неразрывности и рассматривают скорость как функцию плотности. Данное обстоятельство позволяет описывать движение локально равновесного потока [14].

Модели, представленные уравнениями Навье – Стокса, учитывают эффект инерции и описывают тенденцию автомобилистов ехать с желаемой скоростью.

Рассмотрим распространенные примеры методов, наиболее точно отражающих основные характеристики макроскопического подхода [3, 11]. Модель Лайтхилла – Уизема – Ричардса (LWR) [19] относится к моделям-аналогам, основана на уравнениях гидродинамики и выполнении закона сохранения массы, под массой подразумевают количество автомобилей. Модель LWR не работает при очень низких и высоких плотностях транспортного потока, неадекватна вблизи «узких мест» и перекрестков со светофорами. Но, несмотря на это, гидродинамический подход стал основой для более совершенных моделей. Так, Пэйн [18] в 1971 г. предложил описать динамическую зависимость с помощью дифференциального уравнения конвекционного типа (уравнение было выведено из модели следования за лидером). Модель Пэйна следует понимать как закон сохранения, но из-за того, что скорость не зависит от плотности, вводится правая часть уравнения – сохранение импульса. Филипс учел внутреннее давление потока, которое заставляет водителей реагировать аналогично действиям лидирующего автомобиля [21]. Модель Гриншилдса (1934) содержит линейную зависимость плотности от скорости. Позднее она была модифицирована Ричардсоном. В модели Гриншилдса при определении пропускной способности важно правильно выбрать скорость свободного движения. В противном случае большое значение приведет к завышенным результатам, что подтверждается в работе [11]. Две последние модели имеют одну особенность: чем ниже скорость свободного движения, тем больше расчетные данные соответствуют экспериментальным. Логарифмический тип зависимости между плотностью потока и скоростью движения имеют макромодели Гринберга и Эл-Хозаини [17]. Модель Гринберга имеет серьезный недостаток: если плотность транспортного потока стремится к нулю, то значение скорости может стать больше, чем скорость свободного движения. Модель Эл-Хозаини работает адекватно, если задана высокая плотность потока, а его скорость не меньше 17 км/ч. Модели Андервуда, Дрейка и Зырянова имеют экспоненциальный тип зависимости между плотностью и скоростью автомобильного потока. Эти модели имеют один общий недостаток:

если значение плотности движения будет достаточно большим, то полученная интенсивность превысит фактическую. Степенную зависимость между плотностью и скоростью имеют модели Д. Дрю и Л. Пайпса [17]. Особенность этих моделей заключается в том, что они могут быть приспособлены к экспериментальным данным благодаря коэффициенту пропорциональности.

В результате применения макроскопических моделей обычно определяются время движения, средняя скорость, уровень загрузки сети, интенсивность движения. Моделирование на макроуровне имеет определенные достоинства [12]: невысокие требования к ЭВМ, высокая скорость расчетов. Однако обладает и недостатками: полученные результаты являются статичными и недостаточно точными; для решения задач сложно определять исходные данные.

#### Мезоскопические модели

Мезомоделирование описывает автотранспортные средства (АТС) достаточно точно, но при этом рассматривает их взаимодействие и поведение так же, как на макроуровне [10, 16, 13]. Одной из первых моделей, отражающих взаимодействие пары районов, которые порождают транспортные потоки (корреспонденции), считается гравитационная модель. Основой для ее создания послужил закон всемирного тяготения. К ее недостаткам можно отнести то, что суммарное количество корреспонденций связывается только с одной парой районов. Однако посещения могут зависеть от расположения района прибытия среди других районов. Этот недостаток учтен в моделях семейства конкурирующих центров. Использование концепции энтропии для решения транспортных задач было предложено Вильсоном [4, 24]. В основе этой модели лежит второй закон термодинамики [3]. Транспортная система схожа с физической тем, что в них имеется большое число неуправляемых элементов. Поэтому проблеме определения корреспонденций предложено заменить максимизацией энтропии в транспортной системе [15].

В модели равновесного распределения предполагается, что все участники движения выбирают пути следования, исходя из минимальной цены поездки. В результате процесса «проб и ошибок» в системе устанавливается равновесное распределение потоков, обладающее свойствами, известными как требования Вардрупа [23]. Суть свойств заключается в следующем: при

равновесном распределении автомобилей ни один участник движения не меняет свой путь, потому что цена поездки уже минимальна.

Основным достоинством перечисленных моделей является их сравнительная компактность. Однако эти модели имеют ряд недостатков: они охватывают лишь ограниченный набор параметров (скорость, задержки, очереди), слабо учитывают динамику транспортного потока.

#### Микроскопические модели

В этих моделях описывается движение каждой машины в отдельности. Микромоделли стали популярными после появления мощных вычислительных компьютеров, потому что требовали большого объема расчетов. Такие модели хорошо подходят для представления движения по дороге с несколькими полосами, потому что могут описывать реалистичные правила перемещения автомобилей [5, 8, 15, 19]. Модель «следования за лидером» была одной из первых [1], разработали ее А. Рёшель (1950) и Л. Пайпс (1953). Основная идея заключена во влиянии головного автомобиля на следующие за ним машины. Влияние лидера косвенно выражено через зависимость оптимальной скорости от дистанции до впереди идущего автомобиля. С течением времени теорию разрабатывали и вносили изменения, в частности стали учитывать время реакции водителей, исследовали движение на многополосных дорогах, изучали устойчивость движения. В 1959 г. работники автоконцерна General Motors [7] предложили для описания одной полосы движения свою микроскопическую модель, с помощью которой можно получить фундаментальную диаграмму. Следующим шагом стала модель Ньюелла [20], представленная в 1961 г. Основное предположение заключается в следующем: у каждого водителя есть своя «безопасная» скорость движения, которая зависит от расстояния до лидера. В этой модели важно правильно выбрать функцию зависимости скорости от интервала между машинами. Время реакции водителей стоит выбирать с осторожностью, при слишком больших значениях времени реакции появятся столкновения, а при малых могут возникнуть нереалистичные ускорения. Две последние рассмотренные модели можно объединить в одну общую микромодель «разумного водителя» [3]. Она была предложена Трайбером в 1999 г. Движение в модели описывается как сочетание двух

стратегий: ускорения и торможения. В зависимости от расстояния до впереди идущего автомобиля приоритет отдается одной из них. В модели умного водителя учитываются психофизические параметры людей, что помогает моделировать транспортные потоки более реалистично, случайно выбирая параметры автомобилистов.

Модели следования за лидером некорректно описывают динамику отдельного транспортного средства, что позволяет нам отнести их к мезоскопическим моделям. Также в моделях есть парадокс – если отсутствует лидер, то ускорение становится равным нулю.

Очень удобным аппаратом для реализации микроскопических моделей оказались клеточные автоматы [9]. Предложил такую модель Дж. Фон Нейман в начале 1950-х г. [3]. В моделях клеточных автоматов дорога разбивается на клетки, время считается дискретным. Каждая ячейка может находиться в каком-либо состоянии, которое определяется набором правил, зависящих от состояний соседних ячеек. Случайные возмущения вносят элемент стохастичности. Достоинством такого подхода является высокая эффективность при компьютерном моделировании. Недостатком же является относительно низкая точность в микроскопических масштабах, из-за дискретной природы клеточного автомата.

В результате работы микроскопических моделей, как правило, получают следующие данные: длина очереди, время задержки транспортных средств, средняя скорость, максимальная или минимальная скорость, время движения автомобилей. Основным достоинством микроскопических моделей является возможность получения оценок с высокой точностью. Однако высокая степень детализации в микромоделях влечет за собой следующие недостатки: требуется много ресурсов для сбора исходных данных; для получения достоверных результатов нужно большое число прогонов модели; необходима калибровка параметров; высокая чувствительность к ошибкам в исходных данных; сложности в получении аналитических зависимостей [15].

### Заключение

Обобщая представленные классификацию и обзор моделей, стоит отметить большое разнообразие методов и моделей, разработанных для решения задач, связанных с проблемами автомобильного движения.

Однако до сих пор не существует идеальной модели, позволяющей решить все проблемы, связанные с транспортными потоками, как не существует и всеохватывающей классификации этих моделей, учитывающей все их аспекты. Выбор метода моделирования определяется как поставленной задачей, так и техническими возможностями и предпочтениями исполнителей.

### Список литературы

1. Буслаев А.П., Новиков А.В., Приходько В.М., Таташев А.Г., Яшина М.В. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения. – М.: Мир, 2003. – 368 с.
2. Гасанов, Г.М. Управление транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог. – М.: МАДИ (ГТУ), 2004. – 172 с.
3. Гасников А.В., Кленов С.Л., Нурминский Е.А., Холодов Я.А., Шамрай Н.Б. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие / год ред. Гасникова А.В. – М.: МФТИ, 2010. – 362 с.
4. Гутнов А.Э., Шмульян Б.Л. *Macrosystems Theory and its Application*. – Springer, 1995. – 340 p.
5. Зырянов В.В. Применение микромоделирования для прогнозирования развития транспортной инфраструктуры и управления дорожным движением // Дороги России XXI века. – М., 2009. – № 3. – С. 37–40.
6. Кисляков В.М. Математическое моделирование и оценка условий движения автомобилей и пешеходов / В.М. Кисляков, В.В. Филиппов, И.А. Школяренко. – М.: Транспорт, 1979. – 200 с.
7. Климовштейн Г.И. Методы оценки качества организации дорожного движения: учеб. пособие. – М.: Издание МАДИ, 1987. – 78 с.
8. Кузин М.В. Имитационное моделирование транспортных потоков при координированном режиме управления: дис. ... канд. техн. наук. – Омск, 2011. – 143 с.
9. Куржанский А.А., Куржанский А.Б., Варайя П. Роль макромоделирования в активном управлении транспортной сетью // Труды МФТИ. – 2010. – № 4. – С. 100–118.
10. Лившиц В.В. Математическая модель случайнотерминированного выбора и ее применение для расчета трудовых корреспонденций // Автоматизация процессов градостроительного проектирования. – М.: ЦНИИП градостроительства, 1973. – С. 39–57.
11. Михеева Т.И., Михеев С.В., Богданова И.Г. Модели транспортных потоков в интеллектуальных транспортных системах // Научное обозрение. Технические науки. – 2014. – № 2. – С. 63–64.
12. Наумова Н.А. Теоретические основы и методы автоматизированного управления транспортными потоками средствами мезоскопического моделирования: дис. ... д-ра тех. наук. – Волгоград, 2015. – 36 с.
13. Попков Ю.С., Посохин М.В., Гутнов А.Э., Шмульян Б.Л. Системный анализ и проблемы развития городов. – М.: 1983–512 с.
14. Попков Ю.С. Теория макросистем. Равновесные модели : монография. – 2-е изд. – М.: ЛИБРОКОМ, 2013. – 320 с.
15. Семенов В.В. Математическое моделирование транспортных потоков мегаполиса. М.: препринт № 34 Инст. Прикл. математики им. М.В. Келдыша РАН, 2004. – 44 с.
16. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и Телемеханика. – 2003. – № 11. – С. 3–46.

17. Gazis D.C., Herman R., Potts R. B. Car-Following Theory of Steady-State Traffic Flow // *Operations Research*. – 1959. – Vol. 7, № 4. – P. 499–505.
18. Krug J., Spohn H. // *Phys. Rev. A*. – Vol. 83. – P. 4271.
19. Lighthill M.J., Whitham F.R.S. On kinetic waves II. A theory of traffic flow on crowded roads // *Proc. of the Royal Society Ser. A*. – 1995. – Vol. 229. – № 1178. – P. 317–345.
20. Newell G.F. Nonlinear effects in the dynamics of car – following // *Oper. Res.* – 1961. – Vol. 9. – P. 209–229.
21. Philips W.F. A kinetic model for traffic flow with continuum implications // *Transp. Plan. Technol.* – 1979. – Vol. 5. – P. 131–138.
22. Savrasov M. Development of new approach for simulation and analysis of traffic flows on mesoscopic level: doctoral thesis. – Riga, 2013. – 161 p.
23. Wardrop J.G. Some theoretical aspects of road traffic research // *Proc. Institution of Civil Engineers II*. – 1952. – Vol. 1. – P. 325–378.
24. Wilson A.G. A statistical theory of spatial distribution models // *Transp. Res.* – 1967. – Vol. 1. – P. 253–270.
7. Klinkovshtejn G.I. *Metody ocenki kachestva organizacii idorozhnogo dvizhenija: ucheb. Posobie* [Methods for assessing the quality of traffic management]. Moscow, MADI, 1987.
8. Kuzin M.V. *Imitacionnoe modelirovanie transportnyh potokov pri koordinirovannom rezhime upravlenija* [Simulation of traffic flows at coordinated control mode]. Omsk, 2011. 143 p.
9. Kurzhanskij A.A., Kurzhanskij A.B., Varajja P. *Trudy MFTI*. 2010, no. 4, pp. 100–118.
10. Livshic V. V. *Avtomatizacija processov gradostroitel'nogo projektirovanija*. 1973. pp. 39–57.
11. Miheeva T.I., Miheev S.V., Bogdanova I.G. *Nauchnoe obozrenie. Tehniceskie nauki.*, 2014, no. 2 pp. 63–64.
12. Naumova N.A. *Teoreticheskie osnovy I metody avtomatizirovannogo upravlenija transportnymi potokami sredstvami mezoskopicheskogo modelirovanija* [Theoretical bases and methods of the automated traffic control mesoscopic modeling tools]. Volgograd, 2015.
13. Popkov Ju.S., Posohin M.V., Gutnov A.Je., Shmuljan B.L. *Sistemnyj analiz I problem razvitiya gorodov* [System analysis and problems of urban development] Moscow, Nauka, 1983. 512 p.
14. Popkov Ju.S. *Teorija makrosistem. Ravnovesnye modeli* [The theory of macro. Equilibrium models] Moscow. LIBROKOM., 2013. 320 p.
15. Semenov V.V. *Preprint Instituta prikladnoj matematiki Im. M.V. Keldysha RAN*, 2004, no. 34.
16. Shvecov V.I., *Avtomatika I Telemekhanika*, 2003, no.11, pp. 3–46.
17. Gazis D.C., Herman R., Potts R. B. *Operations Research*, 1959, no. 7(4), pp. 499–505.
18. Krug J., Spohn H. *Phys. Rev. A*. 1988. Vol. 83. 4271 p.
19. Lighthill M.J., Whitham F.R.S. *Proc. of the Royal Society Ser. A*. 1995. no. 1178. pp. 317–345.
20. Newell G.F. *Oper. Res.* 1961. Vol. 9. pp. 209–229.
21. Philips W.F. *Transp. Plan. Technol.* 1979. Vol. 5. pp. 131–138.
22. Savrasov M. Development of new approach for simulation and analysis of traffic flows on mesoscopic level: doctoral thesis. Riga, 2013. 161 p.
23. Wardrop J.G. *Proc. Institution of Civil Engineers II*. 1952. Vol. 1. pp. 325–378.
24. Wilson A.G. *Transp. Res.* 1967. Vol. 1. pp. 253–270.

### References

1. Buslaev A.P., Novikov A.V., Prihodko V.M., Tata-shev A.G., Jashina M.V. *Verojatnostnye I imitacionnye podhody k optimizacii avtodorozhnogo dvizhenija* [Probability and simulation approaches to the optimization of road traffic]. Moscow, Mir, 2003. 368 p.
2. Gasanov, G.M. *Upravlenie transportno-jekspluatacionnym sostojaniem avtomobilnyh dorog* [Management of transport and operating state highways]. Moscow. MADI (GTU), 2004.
3. Gasnikov A.V., Klenov S.L., Nurminskij E.A., HolodovJa.A., Shamraj N.B. *Vvedenie v matematicheskoe modelirovanie transportnyh potokov : ucheb. Posobie* [Introduction to the mathematical modeling of traffic flows: Proc. benefit] Moscow. MFTI., 2010. 362 p.
4. Gutnov A.Je., Shmuljan B.L. *Macrosystems Theory and its Application*. Springer, 1995. 340 p.
5. Zyrjanov V.V. *Dorogi Rossii XXI veka*, 2009. no. 3. pp. 37–40.
6. Kislijakov, V.M. *Matematicheskoe modelirovanie I ocenka uslovij dvizhenija avtomobilej I peshehodov* [Mathematical modeling and evaluation of the conditions of vehicles and pedestrians]. Moscow. 1979. 200 p.

УДК 691.333: 532.685

## ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАПИЛЛЯРНОЕ ВОДОНАСЫЩЕНИЕ БЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ

**Романенко И.И., Пинт Э.М., Петровнина И.Н., Еличев К.А., Романенко М.И.**  
*ФГБУВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»,  
Пенза, e-mail: rom1959@mail.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию влагопереноса в бетонных образцах. Бетон является одним из самых популярных строительных материалов в мире. Из него возводят как жилые здания, так и уникальные сооружения мостовых конструкций, корпуса атомных и гидроэлектростанций. Содержание влаги в бетоне оказывает существенное влияние на его механические свойства, а также на долговечность. Способность переноса влаги в пористой среде играет важную роль в разрушении строительных материалов, изготовленных на основе различных бетонов и строительных растворов. В общем, существуют две различные модели, используемые для изучения влагопереноса в пористых материалах. Это диффузионная модель, главную роль в которой играет поперечное сечение материала и на начальном этапе набора прочности бетоном, определяется диффузией воды. Другая модель описывает капиллярно-транспортный механизм. Он моделирует проникновение и перемещение жидкости по капиллярам в поровом пространстве. Процессы протекают в цилиндрическом капилляре с постоянным сечением и в контакте с бесконечным жидкостным резервуаром. При этом игнорируются сложность конфигурации поровой структуры и поверхностная неоднородность материала пор. Установлено, что направленное изменение структуры пор за счет использования «прививочного» материала оказывает существенное влияние на процессы капиллярного всасывания влаги и ее перемещение.

**Ключевые слова:** диффузия, капилляры, диполь, градиенты влаги, диэлектрическая постоянная, пористое тело, влагоперенос

## FACTORS AFFECTING ON CAPILLARY WATER SATURATION OF CONCRETE SAMPLES

**Romanenko I.I., Pint E.M., Petrovnina I.N., Elichev K.A., Romanenko M.I.**  
*Penza State University of Architecture and Construction, Penza, e-mail: rom1959@mail.ru*

This article is devoted to the study of moisture transfer in concrete samples. Concrete is one of the most popular building material in the world. From it erected as a residential building, and unique constructions bridge structures, housing nuclear and hydroelectric power plants. The moisture content of the concrete has a significant influence on the mechanical properties and the durability. The ability to transfer moisture in the porous medium plays an important role in the destruction of building materials prepared from different concrete and mortar. In general, there are two distinct models for the study of moisture in porous materials. This diffusion model, in which the main role played by the cross-section of the material and the initial stage of a set of concrete strength is determined by the diffusion of water. Another model describes the capillary transport mechanism. It simulates the penetration and movement of fluid through the capillaries in the pore space. The processes in the cylindrical capillary with constant cross section and in contact with an infinite fluid reservoir. This ignores the complexity of the configuration of the pore structure and surface heterogeneity of material far. It is found that the direction of change in pore structure through the use of «vaccination» of the material has a significant influence on the processes of capillary absorption of water and its movement.

**Keywords:** diffusion, capillaries, dipole, moisture gradients, dielectric constant, a porous body, vlagoперенос

Влагоперенос в бетоне является сложным и малоизученным процессом. Это обусловлено многими факторами, влияющими на функционирование транспортных механизмов в сочетании с различными типами пор, которые, как правило, пронизывают бетоны. Механизм капиллярного всасывания с большой уверенностью можно считать движущей силой в частично насыщенном объеме твердого тела сетью капиллярных пор.

В то же время не ясен механизм переноса влаги в порах геля. Ученые как в России, так и за рубежом считают, что размеры поргеля слишком малы чтобы капиллярные

силы в них играли главную роль. В исследованиях [9–10] установлено, что главенствующую роль играет диффузный механизм переноса влаги.

Роль воздушных пустот в процессах массообмена в бетоне менее ясна. Размер воздушных пор намного больше, чем размеры капилляров, и механизм капиллярного всасывания в данном случае не применим. Он не работает. Воздушные поры играют оставшую роль в переносе влаги [11–12].

Транспортные механизмы определяются размерами пор, видом вяжущего, химическими добавками, пропитками, размерами поперечного сечения образцов.

Поэтому во время проведения исследований перед нами, стояла задача разработать модель для прогнозирования движения воды в бетоне при различных типах воздействия и создать механизм для снижения капиллярного насыщения материалов из бетона. Поэтому ограничиваемся рассмотрением потока жидкости за счет капиллярного всасывания.

Простейшая теоретическая модель, которая связывает высоту поднятия жидкости по капилляру с радиусом пор  $r$  в бетонах для двухкомпонентной системы может быть определена по формуле Жюрена (полученная из формулы Лапласа для определения подъемной силы мениска)

$$H_k = \frac{2\alpha \cdot \cos\theta}{r \cdot g \cdot \rho}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – поверхностное натяжение жидкости (для воды  $\alpha = 72,8$  дин/см при  $t = 20^\circ\text{C}$ );  $\theta$  – краевой угол смачивания;  $r$  – радиус капилляра;  $g$  – ускорение силы тяжести;  $\rho$  – плотность воды.

При полном смачивании всех частиц материала капилляра ( $\theta = 0$ ) и численных значениях  $\alpha$  и  $g$

$$H_k = 0,15/r. \quad (2)$$

Отсюда следует, что высота поднятия жидкости по капиллярам обратно пропорциональна радиусу капилляра. В то же время исследованиями было выявлено, что, на высоту подъема жидкости в капиллярно пористом материале влияет время экспозиции и тогда зависимость высоты подъема жидкости от времени определяется по формуле

$$H_t = \sqrt{r \cdot \infty \cdot \frac{\cos\theta}{2} \cdot \mu \cdot \sqrt{t}}, \quad (3)$$

где  $H_t$  – высота капиллярного поднятия воды в бетонах;  $\mu$  – динамическая вязкость жидкости.

Уравнение (3) показывает: высота капиллярного поднятия воды в бетонах пропорциональна квадратному корню от времени экспонирования. Уравнение (3) описывает модель трубы (капилляра) из бетона, представляющей пористую среду, и является приближенной.

В общем случае, перенос жидкости происходит через поры, микротрещины и пустоты бетона. При нормальных условиях со средним содержанием влаги и умеренной температуры основной движущей силой транспортного процесса в пористой среде

являются градиенты влаги и температуры. При низком содержании влаги основным механизмом переноса влаги осуществляется путем диффузии пара или капиллярного всасывания, когда поры находятся в контакте с жидкостью.

В течение последнего десятилетия все большая часть применяемого бетона обладает малой капиллярной пористостью. Это связано с переходом от традиционных бетонов к высокоэффективным реакционно порошковым с более низкой пористостью. В этих бетонах происходит трансформация реологической матрицы, обеспечивающая получение рациональной реологии [1, 2]. При этом составляющие реологическую матрицу микродисперсная каменная мука, тонкозернистые и мелкий пески выступают активными компонентами, влияющими на формирование порового пространства бетона [2].

Тем не менее, несмотря на снижение капиллярной пористости, при низких значениях  $W/W$  отношения, такие бетоны после предварительной сушки показывают картину водонасыщения типичную для традиционных бетонов, описываемую формулой (3) при одностороннем всасывании жидкости через капилляры. В результате исследований было установлено, что процесс водонасыщения бетона зависит от степени насыщения пор в начальный момент [3].

Экспериментальные данные [4, 8] свидетельствуют, что размер поперечного сечения образца существенно влияет на транспортный механизм водопоглощения. Формулы, описывающие теоретически процесс водонасыщения бетонного образца, не могут в точности описать происходящие явления, так как вступают в противоречие с нашими первоначальными допущениями, которые предполагают последующее набухание геля. Отклонения также происходят и за счет изменения в капиллярной абсорбции [4].

Молекула воды является диполем, равным по величине, но разным по знаку электрических зарядов на противоположных ее концах, а частицы вяжущего заполнителя на своей поверхности имеют положительные и отрицательные электрические заряды, в зависимости от того, из каких материалов состоит частица.

Под действием зарядов частиц происходит ориентация диполей воды. Расположением молекул воды в капилляре можно иллюстрировать процесс между двумя параллельными плоскостями стекол, частично погруженных в воду. Вода в узкой щели

капилляра находится в напряженном состоянии, вызванном взаимодействием зарядов системы капилляр – вода.

Согласно теории Лапласа [1] в напряженном состоянии находится поверхностная пленка жидкости, а остальная часть жидкости не связана со стенками капилляра. Помимо электрических сил на молекулы воды в капилляре действуют и силы гравитации. Из условия статического равновесия между электрическими силами и гравитационными следует, что высота подъема воды в капилляре равна

$$h_0 = \frac{q_c \cdot q_b}{\rho_b \cdot \varepsilon \cdot r^2}, \quad (4)$$

где  $h_0$  – высота столба жидкости в щели капилляра;  $q_c$  – суммарный электрический заряд, приходящийся на  $1 \text{ см}^2$  стенки щели;  $q_b$  – суммарный электрический заряд молекулы воды, расположенный на  $1 \text{ см}^2$  срединной плоскости;  $\varepsilon$  – диэлектрическая постоянная;  $r^2$  – расстояние между плоскостями щели;  $\rho_b$  – плотность воды.

В бетонах капилляр представляется тонкой трубкой, а не щелью. В результате чего притяжение к стенкам будет больше, чем в плоской щели.

$$h_{\text{тп}} = \frac{2q_c \cdot q_b}{\rho_b \cdot \varepsilon \cdot r}. \quad (5)$$

Для экспериментов использовали цилиндрические образцы бетона диаметром 100 мм, изготовленные при В/Ц отношении 0,51 (рис. 1). Материалы: портландцемент Вольский ЦЕМ II/A-42,5 Н; песок Сурский с  $M_{\text{кр}} = 1,51$ ; щебень гранитный фракции 3–8 мм; вода питьевая. Испытывали шлакощелочные бетоны (ШЩБ) на составах идентичных портландцементов. Высота цилиндрических образцов 100 мм. На расстоянии 30 и 50 мм от основания образца делалась проточка алмазным диском на глубину 30 мм. Погружение образца в воду осуществлялось на глубину 10 мм. Время экспозиции: 3, 6, 9, 12, 15 мин, 1 ч, 2, 3, 4...48 ч. Испытания проводили на образцах в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях после сушки в сушильном шкафу при температуре  $105^\circ\text{C}$  до постоянного веса. Боковая поверхность образцов обрабатывалась кремнийорганическим составом на всю высоту с целью исключения бокового всасывания влаги.

Зависимость прироста массы образцов от времени экспозиции представлена на рис. 2.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что форма, площадь поперечного сечения образца существенно влияют на кинетику водопоглощения, определяемую диффузией и капиллярным транспортным механизмом поднятия воды.

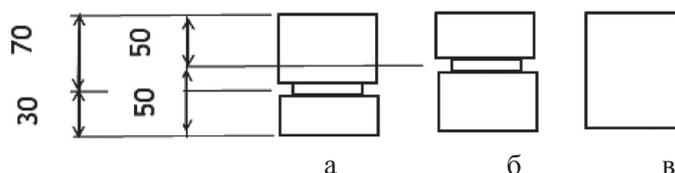


Рис. 1. Бетонные образцы для испытания на водопоглощение: а – с проточкой на расстоянии 30 мм; б – с проточкой на расстоянии 50 мм; в – без проточки

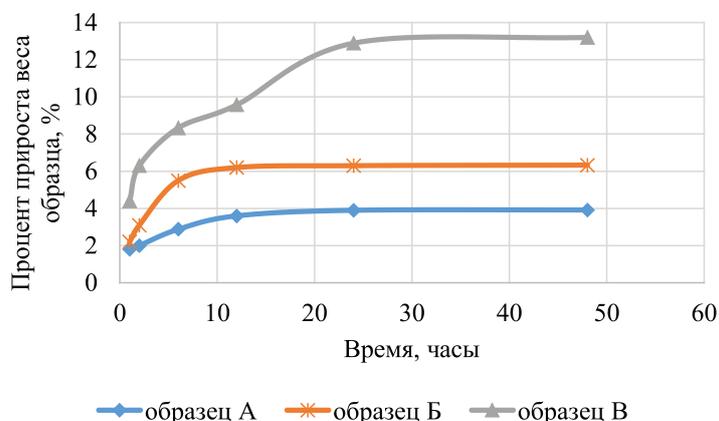


Рис. 2. Зависимость водопоглощения бетонных образцов при В/Ц = 0,51 (образцы представлены на рис. 1)

Данная зависимость не является линейной и носит квадратичную зависимость. Полагаем, что капиллярные разрывы, состоящие из узких проходов или больших пустот вдоль пути движения водяного потока по системе капиллярных пор, могут создавать дополнительные препятствия. И тем самым вносятся граничные условия на процессы массопереноса в пористом теле. По существу, необходимо вносить в рассматриваемую модель условия, связанные с ветвистостью капилляров, выходом их на боковые поверхности и навозможные крупные поры.

В настоящей работе были проведены исследования возможности улучшения стойкости бетонов в условиях капиллярного водонасыщения бетонов путем введения технической «прививки» порового пространства. В качестве «прививочного» материала использовано отработанное машинное масло, вводимое на стадии приготовления шлакощелочного бетона (ШЩБ).

Традиционные исследования для получения материалов с повышенной стойкостью направлены на получение бетонов с низкой капиллярной пористостью и высокой плотностью конгломератов в зоне контакта заполнителя с вяжущим.

П.Н. Гончаров, А.А. Пашенко, и Б.А. Крылов исследовали ШЩБ в условиях капиллярного подсоса, армированных дисперсными материалами.

Было установлено, что ШЩБ обладают повышенной коррозионной стойкостью в углеводородных средах и кислых неорганических растворах, вследствие низкой капиллярной пористости, высокой плотности бетонов и адгезии к полиакриловым армирующим волокнам. Высокая стоимость армирующих материалов ограничивает широкое применение.

Однако предложенная нами технология формирования макро- и микроструктуры бетона способствует созданию механизма «избирательности» по отношению к агрессивным внешним воздействиям, т.е. происходит самоорганизация внутреннего пространства пор.

Все исследования проводились на гранулированных шлаках Новолипецкого, Челябинского и Череповецкого металлургических заводов, электротермофосфорном шлаке ПО «Фосфор» (г. Тольятти). В качестве активаторов твердения использованы растворы: NaOH,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , содощелочной плав (СЩП) и их композиции.

Шлакощелочное вяжущее (ШЩВ) отличается от портландцемента отсутствием в продуктах гидратации высокоосновных гидросиликатов и гидроалюмосиликатов кальция.

В.Д. Глуховский и О.Н. Сикорский [4] установили, что ШЩВ взаимодействует практически со всеми силикатными и алюмосиликатными пылеватыми частицами, входящими в состав заполнителя, что способствует получению высокой плотности композита. А в продуктах гидратации доминируют гидрогранаты и низкоосновные гидросиликаты кальция.

Нами было установлено, что шлакощелочные бетоны, приготовленные на растворе NaOH, по сравнению с бетонами на портландцементе имеют в 1,1–1,5 раза больше крупных пор с эффективным диаметром более 0,1 см.

Использование в качестве активатора твердения раствора  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  способствует снижению диаметра пор и капилляров в 1,5–2 раза.

При введении диспергированного машинного масла в ШЩВ происходит модификация внутренней поверхности пор, капилляров и зон контакта продуктов гидратации ШЩВ с заполнителями, доказательством которого служит явление капиллярного подсоса и угла смачивания.

Молекула воды является диполем, равным по величине, но разным по знаку электрических зарядов на противоположных ее концах, а частицы шлака, заполнителя на своей поверхности имеют положительные и отрицательные электрические заряды, в зависимости от того, из каких материалов состоит частица. Водный раствор солей в капилляре находится в напряженном состоянии, вызванном взаимодействием зарядов системы капилляр – вода. Исходя из равенств (4) и (5) можно предположить, что если стенки капилляров, пор и разрывов внутренней сплошности пористого тела не будут иметь электрического заряда за счет поверхностного слоя моторного масла, то никакого капиллярного всасывания за счет электрических зарядов не будет или будет ограничено. Это подтверждено нашими опытами. ШЩБ с модифицированной структурой дисперсным машинным маслом практически не впитывают масла, растворы солей и сахара. Это способствует повышению долговечности бетонных изделий на основании ШЩВ. На рис. 3 представлена кинетика водопоглощения ШЩБ при Р/Ш отношении 0,5.

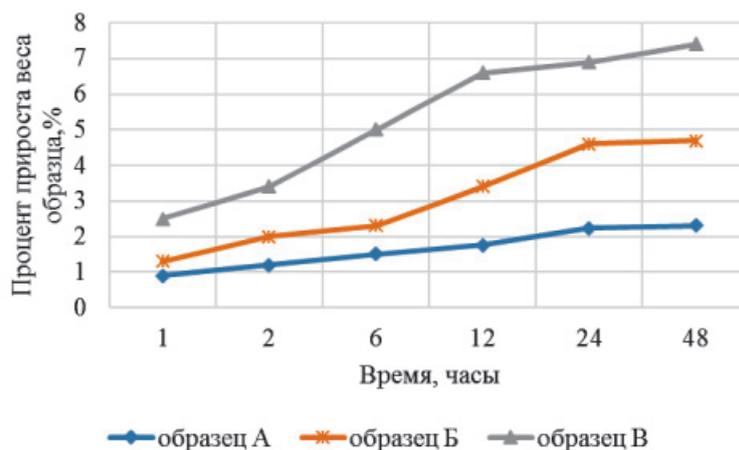


Рис. 3. Зависимость водопоглощения ШЩБ образцов при  $V/C = 0,5$  (образцы представлены на рис. 1)

Прослеживаются отклонения от правил, используемых для описания процесса водопоглощения пористым телом:

- мелкопористая структура бетонных образцов характеризуется наличием капилляров с диаметром порядка нескольких ангстрем.

Очень маленький расчетный размер пор, а также модифицирование поровой поверхности поверхностно-активными веществами свидетельствуют о том, что структура пор сильно препятствует проникновению воды. Это вызывает блокирование пор в бетоне и приводит к низкой проницаемости. Тогда механизмы капиллярного всасывания не могут самостоятельно объяснить процессы водопоглощения пористым телом.

- Полученные результаты по изучению капиллярного водопоглощения свидетельствуют, что процесс этот протекает длительное время. Они не совпадают с теоретически рассчитанными. Экспериментальные данные получены ниже расчетных [14, 20–21].

- Поглощение воды сухих образцов бетона зависит от поперечного сечения активной поверхности и траекторий линий всасывания. Таким образом, динамика, всасывания воды капиллярами неадекватно описывается уравнениями (1), (2), (3), (4). Транспортные свойства капилляров бетона были изучены при введении ряда граничных условий: бетон рассматривается как изотропный материал с однородной пористой структурой.

### Выводы

1. Результаты, полученные в экспериментальных исследованиях недостаточны

для оценивания всех искомых параметров влагопереноса в бетонных образцах и поэтому поиск оптимальной модели не может завершиться на данном этапе.

2. Все компоненты композиционного материала – бетона обладают пористостью различного уровня. На перемещение влаги по капиллярам бетона накладываются условия, обусловленные параметрами капилляров и механизмами взаимодействия воды с продуктами гидратации клинкерного фонда вяжущего.

3. В рассматриваемых моделях не были учтены особенности высокоразвитой поверхности пор цементного камня и геля, а также выходы на боковую поверхность образцов.

4. В связи со сложностью создания приближенной модели переноса влаги в бетонных образцах были исследованы явления, связанные с поглощением и переносом влаги. При этом рассматривали движение по капиллярам большого диаметра и непосредственно за счет диффузии.

5. Установлено, что активное использование «прививочного» материала в качестве модификатора структуры бетона позволяет существенно влиять на процессы влагопереноса в бетонных изделиях и повысить эксплуатационные свойства.

### Список литературы

1. Бернацкий А.Ф., Целебровский Ю.В., Чунчин В.А. Электрические свойства бетона / под ред. доктора техн. наук, проф. Ю.Н. Верещагина. – М.: Энергия, 1980. – 280 с.
2. Калашников, В.И. Терминология науки о бетоне нового поколения // Строительные материалы. – 2011. – № 3. – С. 103–106.
3. Калашников, В.И. Роль дисперсных и тонкозернистых наполнителей в бетонах нового поколения / В.И. Калашников, О.В. Суздальцев, Р.А. Дрянин, Г.П. Сехпосян // Известия вузов. Строительство. – 2014. – № 7. – С. 11–21.

4. Полищук Н.В., Панченко И.М., Панченко М.С., Карпович И.Н. Эффекты воздействия и последствие электрических полей на поднятие воды в микрокапиллярах // Электронная обработка материалов. – 2002. – № 4. – С. 54–67.
5. Романенко И.И. Модифицированные шлакощелочные бетоны с добавками побочных продуктов биосинтеза: автореф. канд. техн. наук: 05.23.05: [Место защиты: Саратовский политех. институт]. – Саратов, 1993. – 17 с.
6. Романенко И.И. Модифицированные шлакощелочные бетоны с добавками побочных продуктов биосинтеза: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05: [Место защиты: Саратовский политех. институт]. – Саратов, 1993. – 167 с.
7. Романенко И.И. Коррозионная стойкость шлакощелочных бетонов на основе Новолипецкого металлургического шлама в органических средах / И.И. Романенко С.В. Михайлина // Эффективные строительные конструкции: сб. науч. работ. – Пенза: Изд-во Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, 2005. – С. 310–312.
8. Романенко И.И. Модифицированные шлакощелочные бетоны, используемые для производства плит по литейной технологии / И.И. Романенко, С.В. Михайлина // Строительные материалы. – 2006. – № 9. – С. 51–53.
9. Brennan J.K., Dong W. Molecular simulation of the vapour-liquid phase behavior of lennard-Jones mixtures in porous solids // Physical review E67. – 2003. – № 031503. – P. 1–6.
10. Marty N.S., Chen H. Simulation multi-component fluids in complex three- dimensional geometries by the lattice Boltzmann method // Physical review. – 1996. – E 53 1. – P. 743–750.
11. Per Gunnar Burstrom, Byggnadsmaterial. – Sweden, Sudentlitteratur 2001. – 546 p.
12. Kaufman J., Studer W., and Schenker K. Study of water suction of concrete with magnetic resonance imaging methods. Magazine of concrete research 49. – 1997. – № 180. – P. 157–165.
13. Hung, Nguyen T.; Frank, Melandso; Stefan, Jacobsen (2009): Analytical and numerical solution for capillary suction velocity and hight in pores with multiple sizes. Paper part 1, submitted together with this paper.
14. W.D.; Hall, C. Water transport in brick, stone and concrete. – Sponpress London and New York, 2002. – 318 p.
15. Lockingston D.A., and Parlange J.Y. A new equation for macroscopic description of capillary rise in porous media // Colloid and Interface Science. – 2004. – Vol. 278. – Pp. 404–409.
2. Kalashnikov V.I. Terminologiya nauki o betone novogo pokoleniya // Stroitelnye materialy. 2011. no. 3. pp. 103–106.
3. Kalashnikov, V.I. Rol dispersnykh i tonkozernistykh napolniteley v betonakh novogo pokoleniya / V.I. Kalashnikov, O.V. Suzdaltsev, R.A. Dryanin, G.P. Sekhposyan // Izvestiya vuzov. Stroitelstvo. 2014. no. 7. pp. 11–21.
4. Polishchuk N.V., Panchenko I.M., Panchenko M.S., Karpovich I.N. Effekty vozdeystviya i posledeystviya elektricheskikh poley na podnyatie vody v mikrokapillyarakh // Elektronaya obrabotka materialov. 2002. no. 4. pp. 54–67.
5. Romanenko I.I. Modifitsirovannye shlakoshchelochnye betony s dobavkami pobochnykh produktov biosinteza: Avtoreferat na soiskanie uchenoy stepeni kand. tekhn. Nauk: 05.23.05: [Mesto zashchity: Saratovskiy polit. institut]. Saratov, 1993. 17 p.
6. Romanenko I.I. Modifitsirovannye shlakoshchelochnye betony s dobavkami pobochnykh produktov biosinteza: Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kand. tekhn. Nauk: 05.23.05: [Mesto zashchity: Saratovskiy polit. institut]. Saratov, 1993. 167 p.
7. Romanenko I.I. Korrozionnaya stoykost shlakoshchelochnykh betonov na osnove Novolipetskogo metallurgicheskogo shlaka v organicheskikh sredakh / I.I. Romanenko S.V. Mikhaylina, // Effektivnye stroitelnye konstruktzii: sb. nauch. rabot. Penza: Izdatelstvo Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta arkhitektury i stroitelstva, 2005. pp. 310–312.
8. Romanenko I.I. Modifitsirovannye shlakoshchelochnye betony, ispolzuemye dlya proizvodstva plit po litevoy tekhnologii / I.I. Romanenko, S.V. Mikhaylina // Stroitelnye materialy. 2006. no. 9. pp. 51–53.
9. Brennan J.K., Dong W. (2003): Molecular simulation of the vapour-liquid phase behavior of lennard-Jones mixtures in porous solids. Physical review E67, 031503, 1–6.
10. Marty N.S., and Chen H. (1996): Simulation multi-component fluids in complex three- dimensional geometries by the lattice Boltzmann method. Physical review, E 53 1, 743–750.
11. Per Gunnar Burstrom, Byggnadsmaterial, Sweden, Sudentlitteratur 2001. 546 p.
12. Kaufman J., Studer W., and Schenker K. (1997): Study of water suction of concrete with magnetic resonance imaging methods. Magazine of concrete research 49, no. 180, pp. 157–165.
13. Hung, Nguyen T.; Frank, Melandso; Stefan, Jacobsen (2009): Analytical and numerical solution for capillary suction velocity and hight in pores with multiple sizes. Paper part 1, submitted together with this paper.
14. W.D.; Hall, C. (2002): Water transport in brick, stone and concrete. Sponpress London and New York, 318p.
15. Lockingston D.A., and Parlange J.Y. (2004): A new equation for macroscopic description of capillary rise in porous media. Colloid and Interface Science, Vol. 278, pp. 404–409.

## References

1. Bernatskiy A.F., Tselebrovskiy Yu.V., Chunchin V.A. Elektricheskie svoystva betona / Pod red. doktora tekhn. nauk, prof. Yu.N. Vereshchagina. M.: Energiya, 1980. 280 p.

УДК 65.01

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТАНДАРТАХ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

<sup>1,2</sup>Хаймович И.Н., <sup>1,2</sup>Ковалькова Е.А.

<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет им. С.П. Королева,  
Самара, e-mail: kovalek68@mail.ru;

<sup>2</sup>ЧОУ ВО «Международный институт рынка», Самара

В статье предлагается метод определения базовых элементов в стандартах менеджмента качества машиностроительных предприятий, который позволяет сокращать элементы бизнес-процессов управления конструкторско-технологической подготовкой производства при автоматизации. Улучшение базовых бизнес-процессов машиностроительного предприятия многономенклатурного производства является актуальной задачей для разработки стандартов менеджмента качества машиностроительных предприятий. На сегодняшний день данные стандарты имеют информационную основу и основным элементом этого стандарта относится к конструкторско-технологической подготовке производства. Разработка информационной основы стандартов связана с применением объектно-ориентированного подхода по IDEF-моделям. В статье рассмотрен новый метод оптимизации информационных сущностей стандарта менеджмента качества предприятий. В итоге из исходного перечня списка бизнес-процессов и словарей документов и сущностей удастся получить оптимизированный по предложенному методу список базовых элементов, который должен составить основу информационной системы менеджмента качества бизнес-процессов конструкторско-технологической подготовки производства.

**Ключевые слова:** бизнес-процессы, информационная система, базовая концептуальная модель данных, словарь сущностей, словарь документов

## METHOD FOR DETERMINING THE BASIC ELEMENTS IN STANDARDS OF QUALITY MANAGEMENT ENGINEERING PRODUCTION

<sup>1,2</sup>Khaymovich I.N., <sup>1,2</sup>Kovalkova E.A.

<sup>1</sup>Samara National Research University, Samara, e-mail: kovalek68@mail.ru;

<sup>2</sup>International Market Institute, Samara

The article proposes a method for determining the basic elements of quality management standards of machine-building enterprises, which allows to reduce the elements of the business process management of design and technological preparation of production with automation. Improving the core business processes of the engineering enterprise of multiproduct manufacturing is an important task for the development of standards for quality management of engineering enterprises. To date, these standards have the information base and the main element of this standard applies to the design and technological preparation of production. Development of information based on the standards associated with the use of object-oriented approach on the IDEF-model. The article describes a new method for optimization of information entities of the quality management standard enterprise. As a result of the initial list of list of business processes and documents and dictionaries entities can obtain optimized by the proposed method a list of the basic elements that should form the basis of the information system of quality management of business processes design and technological preparation of productions.

**Keywords:** business processes, information systems, basic conceptual data model, entities dictionary, dictionary of documents

Улучшение базовых бизнес-процессов машиностроительного предприятия многономенклатурного производства является актуальной задачей для разработки стандартов менеджмента качества машиностроительных предприятий [1–4]. На сегодняшний день данные стандарты имеют информационную основу и основным элементом этого стандарта относится к конструкторско-технологической подготовке производства (КТПП) [5, 7, 10]. Разработка информационной системы (ИС) КТПП связана с применением объектно-ориентированного подхода по IDEF-моделям [6].

Эти модели интегрируют перспективные предложения руководства и специалистов с учетом мнения экспертов и системных аналитиков и на этой основе формируют бизнес-процессы деятельности подразделений предприятия.

Известно, что оптимальное число блоков в функциональных диаграммах по SADT-методологии составляет от трех до шести [8, 9]. Основные изменения связаны с механизмами реализации имеющихся функций.

В результате проведенного функционально-стоимостного анализа было установлено, что большинство затрат на технологическую

подготовку производства относится на этап «Проектирование технологической документации» и, в частности, на процесс «Проектирование технологического процесса».

Использование IDEF-моделей позволит оптимизировать функциональные структуры бизнес-процессов. Реализованная методика моделирования бизнес-процессов от модели «как есть» к модели «как должно быть» с концептуальной моделью данных (КМД) являются базой для единого информационного пространства.

На рис. 1 показано изменение бизнес-процесса (БП) по функциональной модели (ФМ) процесса «Управление технической подготовкой производства».

Изменения коснулись уровня «Управление технической подготовкой производства изделий основного профиля». Помимо существующих этапов: конструкторская подготовка производства и технологическая подготовка производства появился новый этап – администрирование проекта.

Для реализации этого этапа введена новая должность «администратор проекта», задачей которого является координация действий конструкторов и технологов в едином информационном пространстве, созданном внедрением ИС КТПП. Благодаря созданию единого информационного пространства в ИС администратор видит текущую картину технической подготовки производства и следит за выполнением требований по конструкторской и технологической документации.

Изменения касаются также этапов конструкторской и технологической подготовки производства, внутри которых появляются новые функции: администрирование конструкторской подготовки производства и администрирование технологической подготовки производства.

Предложенная функциональная структура бизнес-процесса отвечает требованиям SADT-методологии, а механизм реализации основан на ИС, что позволяет упростить и ускорить процесс проектирования технологической документации за счет создания единой БД.

После формирования функциональных моделей бизнес-процессов работы конструктора и технолога «как должно быть» для проектирования ИС КТПП определяем структуру данных в информационной системе с использованием структурного подхода.

Постановка задачи: минимизация количества данных (сущностей предметной области), адекватно описывающих предметную область, подлежащую автоматизации.

Введем понятия:

– документ предметной области (ДПО) – выбор информации, используемой в технологических процессах предметной области и являющейся для них неделимой;

– сущность предметной области (СПО) – объект или состояние объекта предметной области, характеризуемые устойчивой совокупностью признаков;

– словарь документов (СД) – содержащий ДПО словарь данных, используемых в функциональной модели, и их характеристики;

– словарь сущностей (СС) – содержащий СПО словарь данных, используемых в модели предметной области, и их характеристики;

– базовая концептуальная модель данных (БКМД) – концептуальная модель данных со значимыми СПО.

Чтобы определить БКМД для ИС, надо определить структуру словаря документов, а затем словаря сущностей.

Для словаря документов определяем: атрибуты, позволяющие однозначно идентифицировать каждый ДПО; идентификаторы нормативных документов, определяющих структуру, содержание и использование ДПО; атрибуты, позволяющие определить место использования данного ДПО в функциональной модели; ссылки на элементы словаря сущностей (СПО), реквизиты которых содержатся в данном ДПО.

Для словаря сущностей определяем атрибуты, позволяющие однозначно идентифицировать каждую СПО и ссылки на элементы словаря документов (ДПО), которые используют атрибуты данной СПО.

Можно формализовать получение словаря сущностей из словаря документов. Выбираем следующие сущности: «предметные» сущности, сущности границ, сущности управления. Принципы выявления и нормализации информационных сущностей на основе анализа первичной информации. Для первого типа сущностей:

– разграничение сфер ответственности системы на основе результатов анализа потока событий, охватывающего определенные варианты использования;

– определение функций, относящихся к сферам ответственности;

– фильтрация списка описаний с целью удаления фрагментов, которые не относятся к предметной области, являются избыточными или отражают особенности реализации.

Для сущностей второго типа:

– отыскание классов границ на основе пар вида «активный субъект/вариант использования»;

– моделирование и документирование сущностей границ на этапе планирования с низким уровнем детализации в виде функций окна графического интерфейса в целом;

– закрепление найденных критериев «дружественности» в виде структур и характеристик поведения сущностей границ;

– уточнение сущностей в процессе проектирования с учетом особенностей выбранных механизмов их реализации;

– моделирование способов взаимодействия разрабатываемой системы с другими системами.

Для сущностей третьего типа:

– на ранних стадиях жизненного цикла системы для каждой пары вида «активный субъект/вариант использования» создается по одному классу управления, на который возлагаются обязанности по контролю за потоком событий, происходящих по мере выполнения этого варианта;

– в процессе проектирования сущности и основанные на них классы могут расчлениваться, сочетаться и удаляться.

На следующем этапе по словарю сущностей и словарю документов выделяют значимые СПО по разработанной методике, используя правила реляционной или матричной алгебры.

1. Формализация результатов моделирования предметной области через установление матриц соответствия. Для СПО и ДПО определяем матрицу  $A_1(N_1, N_2)$ , где  $N_1$  – количество СПО;  $N_2$  – количество ДПО:

$$A_1 = \{\alpha_1^{ij}\},$$

где  $\alpha_1^{ij} \in \{0,1\}$ ; здесь 1 – означает, что атрибуты  $i$ -го СПО содержатся в  $j$ -м ДПО; 0 – иначе.

Для ДПО и бизнес-процесса (БП) определяем матрицу  $A_2(N_2, N_3)$ , где  $N_2$  – количество ДПО,  $N_3$  – количество БП:

$$A_2 = \{\alpha_2^{ij}\},$$

где  $\alpha_2^{ij} \in \{0,1\}$ ; здесь 1 – означает, что  $i$ -й ДПО связан с  $j$ -м БП; 0 – иначе.

2. Определение соответствия СПО и БП через матрицу  $A_3(N_1, N_3)$ , где  $N_1$  – количество СПО,  $N_3$  – количество БП:

$$A_3(N_1, N_3) = A_1(N_1, N_2) \times A_2(N_2, N_3),$$

где  $A_3 = \{\alpha_3^{ij}\}$ ; здесь  $\alpha_3^{ij} \in \{0,1\}$ ; здесь 1 – означает, что  $i$ -й СПО используется в  $j$ -м БП; 0 – иначе.

3. Определение количественных характеристик использования СПО через матрицу  $A_4(N_1)$ , где  $N_1$  – количество СПО:

$$A_4 = \{\alpha_4^i\},$$

где  $\alpha_4^i = \sum_{j=1}^{N_2} \alpha_3^{ij}$ ; здесь  $N_2$  – количество БП в функциональной модели;  $\alpha_4^i$  – определяет количество использования  $i$ -го СПО в БП.

4. Определение относительных характеристик СПО через матрицу  $A_5(N_1)$ , где  $N_1$  – количество СПО:

$$A_5 = \frac{1}{N_3} \cdot A_4,$$

где  $A_5 = \{\alpha_5^i\}$ ; здесь  $0 \leq \alpha_5^i \leq 1$  – показывает коэффициент использования  $i$ -й СПО в модели предметной области.

5. Формирование перечня СПО через матрицу  $A_6(N_1)$ , где  $N_1$  – количество СПО.

Введем оператор  $\Delta$ , характеризующий степень полноты модели:  $\Delta \in \{0, 1\}$ , где  $\Delta = 0$  при  $\alpha_5^i \leq K_{\min}$ ,  $K_{\min}$  – коэффициент минимального использования СПО; 1 – иначе.

Матрица значимых СПО будет формироваться следующим образом:

$$A_6 = \Delta \times A_5,$$

где  $\Delta$  – оператор полноты модели;  $A_5$  – матрица относительных характеристик СПО.

В настоящий момент методика определения  $K_{\min}$  формализована недостаточно, поэтому его значение будет определено дальше.

Данная методика позволит минимизировать размеры модели данных при проектировании ИС и обеспечит рационализацию бизнес-процессов в функциональной модели «как должно быть».

Получаем словари сущностей и документов, оптимальные с точки зрения полноты охватываемой информации о бизнес-процессах и вовлекаемых в эти процессы документах.

Рассмотрим пример расчета словарей и базовых сущностей (ОСПО) при проектировании ИС КТПП СМЗ «Alcoa».

Для расчета общесистемных или базовых сущностей предлагаемым методом формального моделирования предметной области КТПП используем терминологию структурного подхода: сущность предметной области (СПО) – объект и (или) факт предметной области, информацию о котором необходимо хранить в базе данных, либо который используется в качестве системного класса в автоматизированной системе.

Базовая или общесистемная сущность предметной области (ОСПО) – сущность предметной области, имеющая значение для предметной области в целом, в отличие от сущностей, имеющих значение для отдельных функций или групп.

Документ (или требование) предметной области (ДПО) – набор информации, использующийся в технологических процессах предметной области и являющийся для них неделимым. Документ (или требование) представляет собой информационный объект предметной области до его формализации и обобщения в абстрактные категории, применяемые при разработке информационного и программного обеспечения.

Словарь Документов (или требований) (СД) – словарь данных, содержащий документы (требования), используемые в функциональной модели, и их характеристики.

Словарь Сущностей (СС) – словарь данных, содержащий информационные сущности предметной области (СПО), используемые в модели предметной области, и их характеристики.

Базовая концептуальная модель базы данных (БКМД) – концептуальная модель

данных, содержащая только базовые сущности предметной области (ОСПО).

По словарю сущностей и словарю документов определяем значимые СПО по разработанной методике, используя правила реляционной или матричной алгебры.

К исходным данным для метода можно отнести список бизнес-процессов производства:

- 1) подготовка запуска штампованных поковок;
- 2) анализ контракта;
- 3) согласование проекта;
- 4) проектирование инструмента;
- 5) изготовление инструмента;
- 6) технологическая подготовка производства инструмента;
- 7) материальная подготовка производства и заготовительное производство инструмента;
- 8) материальная подготовка производства;
- 9) освоение;
- 10) изготовление опытной партии;
- 11) изготовление, испытание и контроль.

Также к исходным данным относятся словари документов и сущностей (таблица).

Словари документов и сущностей для оптимизации элементов КТПШ

Элемент словаря документов	Элемент словаря сущностей
Письмо от заказчика	Письмо от заказчика
График освоения	Комплект документации заказчика
КД на изделие	График освоения
Извещение о выполнении этапа	Извещение о выполнении этапа
КД на инструмент	Технологическая разработка
Утвержденная технология	Утв. и согл. с заказчиком комплект КД на изделие
Технологическая карта ЧПУ	Математическая модель хол. штамповки
Паспорт инструмента (оснастки)	Копия утв. КД на инструмент
Документ об утверждении продукции и процесса	Копия согл. с заказчиком КД на изд.
Протоколы испытаний	Математическая модель обраб. штамповки
Карта УЗК	
План выпуска оснастки и инструмента	
Ведомость режущего инструмента	
УП	
Пронормированная спецификация материала	
Накладная на приход материала	
Учет основных материалов на квалиф.	
Протоколы испытаний опытной партии	
Протокол несоответствия	
Документ об утверждении продукции и процесса (после коррект.)	
План корректирующих действий	

После реализации метода формирования базовых сущностей в системе менеджмента качества КТПП получаем список ОСПО для информационной системы ОАО «Металлург», к ним будут отнесены следующие базовые элементы:

- 1) письмо от заказчика;
- 2) комплект документации заказчика;
- 3) технологическая разработка;
- 4) предварительная заявка на металл для инструмента;
- 5) график освоения;
- 6) математическая модель холодной штамповки;
- 7) математическая модель обрабатываемой штамповки;
- 8) математическая модель инструмента;
- 9) паспорт инструмента;
- 10) утв. технология;
- 11) протоколы исп. опытной партии;
- 12) протокол несоответствия;
- 13) управляющая программа;
- 14) технологическая карта ЧПУ;
- 15) уведомление о готовности «кубиков»;
- 16) математическая модель заготовки;
- 17) план выпуска инструмента и оснастки.

В итоге из исходного перечня списка бизнес-процессов и словарей документов и сущностей удастся получить оптимизированный по предложенному методу список базовых СПО, который должен составить основу информационной системы менеджмента качества бизнес-процессов конструкторско-технологической подготовки производства.

#### Список литературы

1. Гречников Ф.В., Хаймович И.Н. Разработка информационных систем управления конструкторско-технологической подготовкой производства как интегрированной базы информационных и функциональных структур // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2008. – № 3. – С. 34–41.
2. Зверев А.В., Росляков Е.М., Некрасов И.Н. Совершенствование организации технической эксплуатации инженерных систем сложных объектов на основе применения концепции управления жизненным циклом // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 3–3 – С. 487–483.
3. Лелюхин В.Е., Колесникова О.В. Интегрированная система управления дискретным машиностроительным производством на платформе 1с: УПП // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–12. – С. 2558–2562.
4. Мокина Е.Е., Марухина О.В., Шагарова М.Д. Подходы к разработке информационной системы поддержки фор-

мирования документов при оказании высокотехнологичной медицинской помощи // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–9. – С. 1857–1861.

5. Хаймович И.Н. Автоматизация проектирования объектов заготовительно-штамповочного производства компрессорных лопаток авиационных двигателей // Известия вузов. Авиационная техника. – 2014 – № 2. – С. 44–48.
6. Хаймович И.Н. Методология организации согласованных механизмов управления процессом конструкторско-технологической подготовки производства на основе информационно-технологических моделей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Самара, 2008. – 26 с.
7. Хаймович И.Н., Клентак Л.С. Усовершенствование методов сглаживания сложных поверхностей с использованием интерполяционных сплайнов // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–12. – С. 2634–2638.
8. Хаймович И.Н., Хаймович А.И. Проектирование и реализация системы автоматизированного проектирования штамповки компрессорных лопаток из титановых сплавов // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 2015. – № 2. – С. 37–43.
9. Хаймович И.Н., Хаймович А.И. Процедурные правила разработки и согласования бизнес-процессов кузнечно-штамповочного производства // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королева (национального исследовательского университета). – 2008. – № 1(14). – С. 248–252.
10. Khaimovich I.N. Computer aided design of blank forging production facilities for aircraft engine compressor blades // Russian Aeronautics. – 2014. – № 57(2) – P. 169–174.

#### References

1. Grechnikov F.V., Khaimovich I.N. Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. Obrabotka metallov, 2008, no. 3, pp. 34–41.
2. Zverev A.V., Roslyakov E.M., Nekrasov I.N. Fundamentalnye issledovaniya, 2016, no. 3(3), pp. 487–483.
3. Lelyukhin V.E., Kolesnikova O.V. Fundamentalnye issledovaniya, 2015, no. 2(12), pp. 2558–2562.
4. Mokina E.E., Maruhina O.V., Shagarova M.D. Fundamentalnye issledovaniya, 2015, no. 2–9, pp. 1857–1861.
5. Khaimovich I.N. Izvestiya vuzov. Aviatsionnaya tehnika, 2014, no. 2, pp. 44–48.
6. Khaimovich I.N. Metodologiya organizatsii soglasovannykh mekhanizmov upravleniya protsessom konstruktorskotekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva na osnove informatsionno-tehnologicheskikh: Avtoref. dis. dok. tekhn. Nauk, Samara, SSAU, 2008. 26 p.
7. Khaimovich I.N., Klentak L.S. Fundamentalnye issledovaniya, 2013, no. 10–12, pp. 2634–2638.
8. Khaimovich I.N., Haimovich A.I. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tsvetnaya metallurgiya, 2015, no. 2, pp. 37–43.
9. Khaimovich I.N., Khaimovich A.I. Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. Akademika S.P. Koroleva (natsionalnogo issledovatel'skogo universiteta), 2008, no. 1 (14), pp. 248–252.
10. Khaimovich I.N. Computer aided design of blank forging production facilities for aircraft engine compressor blades // Russian Aeronautics. 2014, no. 57(2), pp. 169–174.

УДК 004.934.5

## АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ИНТОНАЦИИ ПОЯСНЕНИЯ, ПРОТИВОПОСТАВЛЕНИЯ И ПЕРЕЧИСЛЕНИЯ В ТЕКСТЕ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ РЕЧИ

Чемерилов В.В., Фадеев А.С., Мишунин О.Б.

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,  
Томск, e-mail: vchemerilov@gmail.com

В статье описаны критерии выделения интонации пояснения, противопоставления и перечисления, разработанные на основе теории расстановки интонации в повествовательном предложении для людей, изучающих русский язык как иностранный, и результатов морфологического и синтаксического анализа семантико-синтаксического анализатора. На основе данных критериев создан компьютерный алгоритм, позволяющий вставлять в входной текст SSML-маркеры, тем самым изменяя голосовые характеристики (тон, скорость, громкость и паузы) синтезатора при конвертировании данного текста в речь. Проведен ряд экспериментов на тестовой выборке предложений, в ходе которых были выявлены недостатки, связанные с несовершенством синтаксического анализа современных анализаторов текста и невозможностью выделения всех элементов интонации в силу отсутствия систем, позволяющих производить смысловой анализ предложения.

**Ключевые слова:** автоматический синтез речи, интонация пояснения, интонация противопоставления, интонация перечисления, SSML-разметка

## THE ALGORITHM FOR THE CLARIFICATION, CONTRAST AND ENUMERATION INTONATION MARKING FOR TEXT-TO-SPEECH SYNTHESIS

Chemerilov V.V., Fadeev A.S., Mishunin O.B.

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: vchemerilov@gmail.com

This article describes the criteria for determining intonation type in text, including intonation of clarification, contrast and enumeration, based on Russian as a foreign language learning materials and morphological and syntactic analysis. Based on these criteria the computer algorithm producing the SSML markup of the input text has been designed. Produced SSML markup contains markers for speech tone, rate, volume and pauses. The output of the algorithm is used for speech synthesis. During the experimental verification of the algorithm on the test sentence set problems were identified caused by the errors in syntactic analysis and lack of semantic analysis features leading to inability to extract all of the required information.

**Keywords:** automatic speech synthesis, intonation of clarification, intonation of contrast, intonation of enumeration, SSML

При передаче вербальной информации имеют значение не только слова, но и их эмоциональная окраска. В этом главную роль играет интонация. Отсутствие интонации в речи делает ее монотонной. Слушая однообразную речь, приходится затрачивать гораздо больше усилий на ее осмысление, и результат не всегда бывает правильным. Например, если прочитать следующую фразу без пауз и логического ударения, то будет непонятно, что имел в виду автор:

*Казнить нельзя помиловать.*

Голос современных синтезаторов речи – систем, генерирующих устную речь по тексту, звучит понятно, но неестественно: в нем практически отсутствует интонация. Отсутствие полного набора средств интонации, выделяемых лингвистами, в искусственной речи объясняется сложностью автоматического выделения интонации в тексте, которое часто требует понимания его смысла. Автоматическое

понимание смысла естественно-языковых текстов – это нерешенная на сегодняшний день задача. Поэтому для извлечения интонации используются методы, основанные на морфологической и синтаксической информации. Так, Б.М. Лобанов в работе [5] проводит синтагматический анализ предложения и маркировку интонационного типа синтагм, в работе [3] исследует возможности использования синтаксического анализа письменного текста на начальном этапе алгоритма синтеза речи по тексту. В работе [7] рассматриваются вопросы построения моделей разметки высказываний и синтеза просодических характеристик с учетом анатомических ограничений. В работе [9] рассматривается возможность использования контекста для выделения интонации при синтезе речи в пределах одного предложения для английского языка. В работе [8] рассматриваются вопросы паузирования (вставки пауз) при синтезе речи.

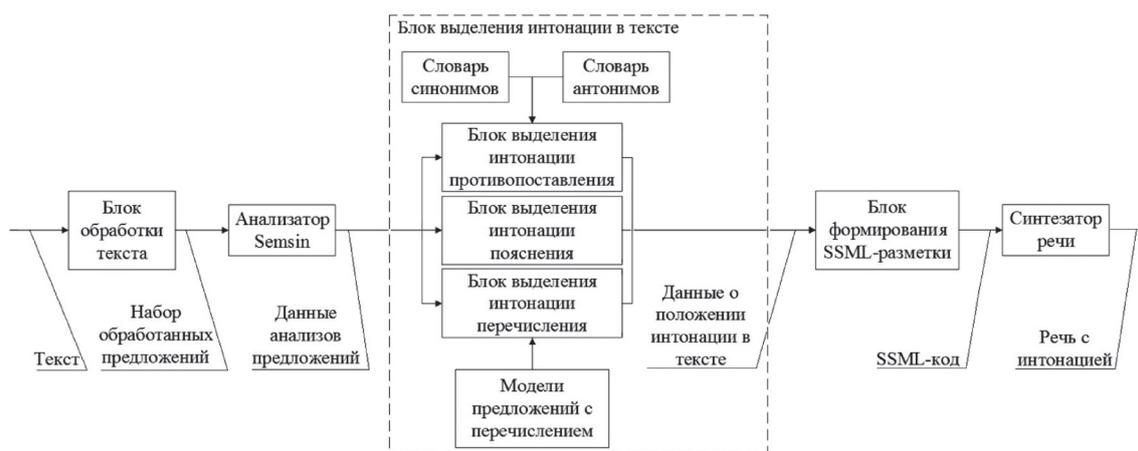


Рис. 1. Структурная схема системы выделения интонации при синтезе речи

В данной работе рассмотрен вопрос автоматического выделения интонации пояснения, перечисления и противопоставления на основе данных морфологического и синтаксического анализа предложения. В качестве анализатора текста используется семантико-синтаксический анализатор Semsin [4]. Рассматриваемые алгоритмы применялись для разметки исходного текста с помощью специальных маркеров – тэгов. Примеры приведены в международном формате языка SSML, позволяющего изменять тон, скорость и громкость произношения и ставить паузы.

#### Система автоматического выделения интонации при синтезе речи

На рис. 1 представлена структурная схема системы автоматического выделения интонации пояснения, противопоставления, перечисления при синтезе речи. На вход подается текст. Блок обработки текста исправляет орфографические и пунктуационные ошибки в тексте и разбивает его на предложения. Каждое предложение передается анализатору Semsin, который проводит семантический и морфологический анализы каждого слова в предложениях и строит синтаксическое дерево каждого предложения в тексте. Результаты работы анализатора передаются в блок выделения интонации в тексте, где на их основе выделяются места расстановки специальных маркеров смены голосовых характеристик. Блок формирования SSML-кода вставляет SSML-теги в места предложения, определенные в предыдущем блоке. В результате работы системы специальный SSML-код передается синтезатору,

который, учитывая места смены тона, скорости, громкости и расстановки пауз, конвертирует его в речь с интонацией.

#### Интонация пояснения в причастных и деепричастных оборотах

Какая-либо часть предложения, имеющая значение добавочного сообщения или поясняющая основную мысль, произносится с интонацией пояснения. Она характеризуется увеличением скорости произношения и снижением тона [2]. Например, данной интонацией выделяется придаточная часть сложноподчиненного предложения, стоящая перед двоеточием (не перечисление) или начинающаяся со слова «который»:

*Я не ошибся: старик не отказался от предлагаемого стакана. (Пушкин)*

Интонацией пояснения выделяются деепричастные и обособляемые причастные обороты. Определив границы причастного или деепричастного оборота, можно определить границы интонации пояснения. Блок-схема алгоритма выделения границ обособляемого причастного оборота представлена на рис. 2.

На вход подается слово из исследуемого предложения. С помощью морфологического анализа Semsin определяется его часть речи.

Пример маркировки предложения для выделения интонации в обособляемом причастном обороте:

*«Гелиотроп» напоминал начищенный кирпичом до яркого блеска бокастый дымящийся самовар, <prosody rate=»x1» pitch=»y1»> болтающийся на невысоких волнах мелкого моря </prosody>.*  
(Паустовский)

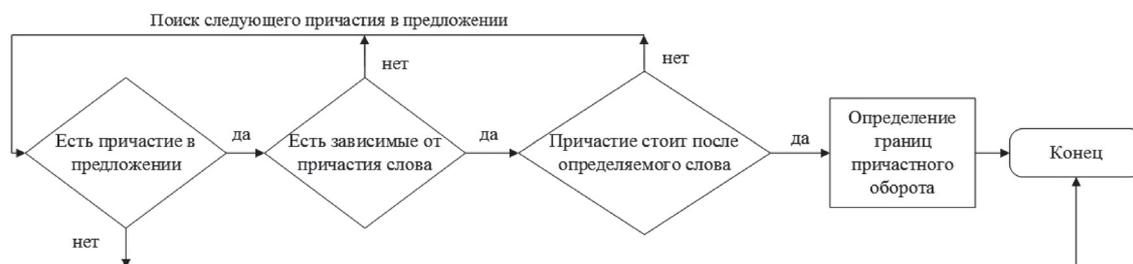


Рис. 2. Блок-схема алгоритма автоматического выделения интонации пояснения в причастных оборотах



Рис. 3. Блок-схема алгоритма автоматического выделения интонации пояснения в деепричастных оборотах

Для выделения деепричастных оборотов используется аналогичный алгоритм, отличающийся нечувствительностью к местоположению деепричастия к определяемому слову. Блок-схема алгоритма выделения деепричастного оборота представлена на рис. 3.

Пример маркировки предложения с деепричастным оборотом:

*Тут, около телег, стояли мокрые лошади, <prosody rate=»x1» pitch=»y1»> по-нури в головы </prosody>, и ходили люди, <prosody rate=»x2» pitch=»y2»> накрывшись мешками от дождя </prosody>. (Чехов).*

Алгоритмы выделения интонации перечисления в причастных и деепричастных оборотах были реализованы в программном виде. Интонация перечисления выделилась практически во всех случаях (исключения составили случаи, когда анализатор Semsin неправильно провел синтаксический и/или морфологический анализы).

### Интонация противопоставления

Предложения, в которых противопоставляются какие-либо действия, предметы, признаки предметов и т.д., характеризуются специфической интонацией, которую можно назвать интонацией противопоставления [2]. Данная интонация выражается отрицанием и в некоторых случаях противитель-

ными союзами, такими как *а, но* и др. [2]. Пример:

*Это не картина, а фотография.*

Частным случаем интонации противопоставления является антитеза – наличие в одном предложении пары антонимов, связанных между собой:

*Бедный и в будни пирует, а богатый и в праздник горюет.*

Для выделения пары антонимов в предложении с целью задания им интонации противопоставления целесообразно использовать два словаря – антонимов и синонимов. С помощью данных словарей был составлен алгоритм автоматического выделения интонации противопоставления, блок-схема которого представлена на рис. 4.

Пример разметки:

*Он не <prosody pitch=»x1» volume=»y1»> враг </prosody>, а <prosody pitch=»x1» volume=»y1»> друг </prosody>.*

В результате проведения вычислительного эксперимента интонация выделилась не во всех примерах, так как пара нужных антонимов отсутствовала в словаре (при разработке использовался словарь антонимов М.Р. Львова [6] и словарь синонимов Н. Абрамова [1]). На основе анализа работы предложенных алгоритмов можно сделать вывод, что точность правильного

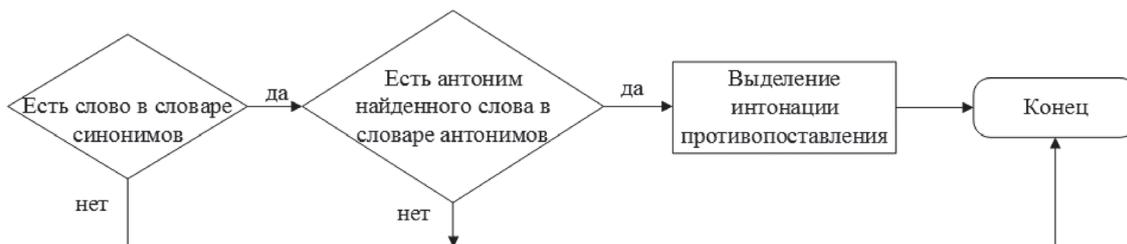


Рис. 4. Блок-схема алгоритма автоматического выделения интонации противопоставления в тексте

выделения маркеров интонации противопоставления зависит от размеров словарей антонимов и синонимов. Однако в некоторых случаях данный алгоритм не способен выделить противопоставления в тексте, например, когда в предложении присутствует пара контекстных антонимов:

*Не мать купила яблоки, а дочь.*

В данном предложении слова *мать* и *дочь* являются контекстными антонимами, то есть антонимами только в данном предложении. И в словаре антонимов эта пара отсутствует.

### Интонация перечисления

Интонация повествовательного предложения может быть осложнена перечислением [2]. Членами перечисления могут быть как однородные члены предложения, состоящие из одного или нескольких слов, так и целые предложения. Члены перечисления выделяются специфической интонацией, характеризующейся паузой между ними и логическим ударением [2]. Длительность паузы зависит от длины члена перечисления. Пример:

*Жидкое, газообразное, твердое – три состояния вещества.*

Если длина членов перечисления составляет одно слово, то пауза между ними зависит от количества слогов в слове, если их 1–4, то она не ставится – они читаются

непрерывно. Если слогов в слове больше или члены перечисления – словосочетания или целые предложения, то пауза между ними будет больше.

Современные синтезаторы речи не учитывают зависимость длительности паузы от длины члена перечисления. Они распознают запятые в тексте, но пауза, которую они ставят на месте запятой, имеет фиксированную длительность. Члены перечисления читаются быстро и прерывисто, что неестественно для человеческой речи.

Характерным признаком интонации перечисления является наличие в нем нескольких однородных членов, разделенных знаком запятой или сочинительным союзом и. В данной работе рассмотрен случай, когда интонация перечисления выделяется знаками препинания: двоеточие в начале и тире в конце (интонация тире и двоеточия [3]). Блок-схема алгоритма автоматического выделения интонации перечисления представлена на рис. 5.

После выделения границ интонации перечисления целесообразно заменить запятые в этой области на элемент разметки синтеза речи, позволяющий вставлять паузу в искусственную речь и задавать ее длительность, пример:

*И жнивья <break time=»t1»/> и дорога <break time=»t2»/> и воздух – все вокруг сияло. (Бунин).*

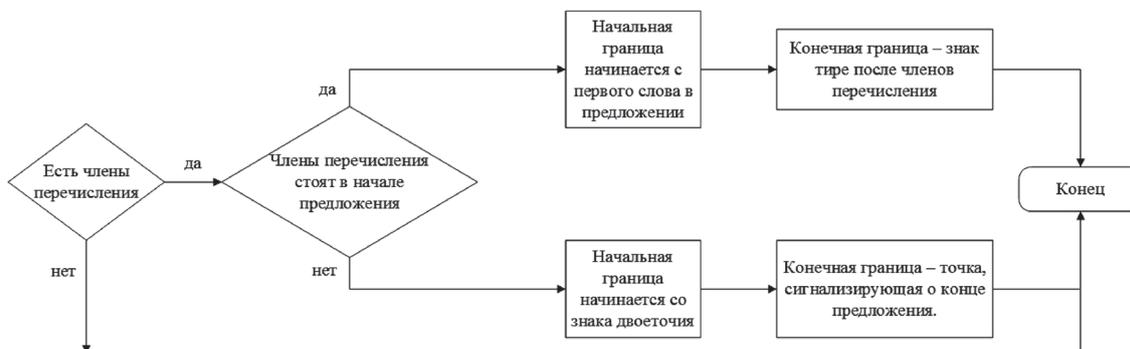


Рис. 5. Блок-схема алгоритма автоматического выделения интонации перечисления в тексте

При программной реализации алгоритма интонация не выделилась в предложениях, содержащих два члена перечисления, и в предложениях, в которых отсутствуют знаки препинания, указывающие на границы перечисления (двоеточия и тире), пример:

*Туристы побывали в Новгороде, в Пскове, в Санкт-Петербурге, в Барнауле.*

Также работа алгоритмов допускала неправильное выделение интонации в случае омонимии знаков препинания:

*Погода была ужасная: ветер выл, было очень холодно, мокрый снег падал хлопьями.*

В данном примере после двоеточия следует пояснение, а не перечисление, несмотря на наличие нескольких запятых после двоеточия.

#### **Выделение интонационной разметки на основе общего алгоритма**

На основе критериев выделения интонации пояснения, противопоставления и перечисления был разработан и реализован алгоритм в программном виде на языке C#. Для проверки работоспособности программы на основе корпуса текстов по изучению русского языка как иностранного экспертом была сделана выборка из нескольких десятков предложений на каждый предложенный алгоритм.

На первом этапе работы выборка предложений была размечена экспертом. На втором этапе она была размечена программой. Проценты совпадения разметки, полученной в результате работы

эксперта и разметки программы, представлены в таблице.

В 93 % случаях программная реализация алгоритмов верно маркирует деепричастные и причастные обороты. Правильно маркируются предложения, содержащие одиночные причастия или деепричастия, несколько причастий (деепричастий) или несколько причастных (деепричастных) оборотов. Интонации противопоставления и перечисления выделяются соответственно в 60 и 70 % случаях.

#### **Заключение**

В результате работы была рассмотрена автоматизация трех наиболее значимых видов интонации в повествовательном предложении [2]. Разработаны программные алгоритмы, позволяющие автоматически выделить разметку интонации пояснения, противопоставления и перечисления в тексте для последующего конвертирования данного предложения в речь. На основе корпуса текстов для изучения русского языка как иностранного экспертом была сделана выборка, с помощью которой было проведено тестирование системы. Опыт показывает, что количество исключений (в силу специфики русского языка) настолько велико, что применение алгоритмов в чистом виде не дает точности результатов выше 60–70 %. Для повышения точности необходимо использовать контекстную информацию, получаемую в процессе семантического анализа текста и передающую не только формальную структуру предложения, но и смысл.

Результаты совпадения разметки, полученной экспертным и расчетным методами

Название конструкции	Вид интонации	Количество предложений в выборке	Количество правильно маркированных предложений	Процент совпадения (%)
Обособленный причастный оборот	пояснения	10	9	90 %
Необособленный причастный оборот	нет	5	5	100 %
Однородные деепричастные и причастные обороты	пояснения	10	9	90 %
Одиночные причастия и деепричастия	нет	5	5	100 %
Противопоставление с парой антонимов	противопоставления	10	6	60 %
Однородные члены, стоящие в начале предложения.	перечисления	10	7	70 %
Однородные члены, стоящие в середине/конце предложения.	перечисления	10	7	70 %

**Список литературы**

1. Абрамов Н. Словарь русских синонимов и сходных по смыслу выражений. – М.: Русские словари, 1999. – 431 с.
2. Брызгунова Е.А. Практическая фонетика и интонация русского языка: пособие для преподавателей, занимающихся со студентами. – М.: Изд-во Московского университета, 1963. – 308 с.
3. Иомдин Л.Л., Лобанов Б.М. Синтаксические корреляты просодически маркированных элементов предложения и их роль в задачах синтеза речи по тексту // Диалог. – 2009. – № 8. – С. 136–142.
4. Каневский Е.А., Боярский К.К. Семантико-синтаксический анализатор Semsin // Научно-технический вестник информационных технологий механики и оптики. – 2015. – Т. 15, № 5. – С. 869–876.
5. Лобанов Б.М., Сизов О.Г. Алгоритм интонационной разметки повествовательных предложений для синтеза речи по тексту // Диалог. – 2008. – № 7. – С. 563–568.
6. Львов М.Р. Словарь антонимов русского языка: Более 2000 антонимических пар. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Москва: русский язык, 1984. – 382 с.
7. Мещеряков Р. В. Управление просодией при синтезе речи по печатному тексту: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2000. – 16 с.
8. Паузирование при автоматическом синтезе речи [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1154156&s=120100000> (дата обращения: 10.08.16).
9. Using Context to Specify Intonation in Speech Synthesis [электронный ресурс]. – Режим доступа: [repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1257&context=cis\\_reports](http://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1257&context=cis_reports) (дата обращения: 10.08.16).

**References**

1. Abramov N. Slovar russkih sinonimov i shodnyh po smyslu vyrazhenij. M.: Russkie slovari, 1999. 431 p.
2. Bryzgunova E.A. Prakticheskaya fonetika i intonaciya russkogo yazyka: posobie dlya prepodavatelej, zanimayushihya so studentami. M.: Izdatelstvo Moskovskogo universiteta, 1963. 308 p.
3. Iomdin L.L., Lobanov B.M. Sintaksicheskie korelyaty prosodicheski markirovannyh elementov predlozheniya i ih rol v zadachah sinteza rechi po tekstu // Dialog, 2009. no. 8. pp. 136–142.
4. Kanevskij E.A., Boyarskij K.K. Semantiko-sintaksicheskij analizator Semsin // Nauchno-tehnicheskij vestnik informacionnyh tekhnologij mekhaniki i optiki, 2015. T. 15 no. 5. pp. 869–876.
5. Lobanov B.M., Sizov O.G. Algoritm intonacionnoj razmetki povestvovatelnyh predlozhenij dlya sinteza rechi po tekstu // Dialog. – 2008. no. 7. pp. 563–568.
6. Lvov M.R. Slovar antonimov russkogo yazyka: Bolee 2000 antonimicheskij par, 2-e izd., pererab. i dop. M.: Moskva: russkij yazyk, 1984. 382 p.
7. Mesheryakov R. V. Upravlenie prosodiej pri sinteze rechi po pechatnomu tekstu: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. Tomsk, 2000. 16 p.
8. Pauzirovanie pri avtomaticheskom sinteze rechi [jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1154156&s=120100000> (data obrashhenija: 10.08.16).
9. Using Context to Specify Intonation in Speech Synthesis [jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1257&context=cis\\_reports](http://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1257&context=cis_reports) (data obrashhenija: 10.08.16).

УДК 519.86; 519.87

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗЛОПАМЯТНЫХ И НЕЗЛОПАМЯТНЫХ РОБОТОВ

**Шафер А.Е., Пенский О.Г.**

*ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,  
Пермь, e-mail: ogpensky@mail.ru*

Статья посвящена описанию математических моделей злопамятных и незлопамятных роботов. Предлагаемые модели основаны на авторской гипотезе, говорящей о том, что псевдоэмоции робота представимы в виде амбивалентных псевдоэмоций, состоящих из отрицательных и положительных псевдоэмоций. В статье впервые вводится математическое определение злопамятных и незлопамятных роботов, основанное на коэффициентах памяти, характеризующих свойства роботов при запоминании отрицательных и положительных компонент псевдоэмоции. В статье предлагается способ определения злопамятных или незлопамятных роботов по известной псевдоэмоции робота, основанный на методе нахождения условного экстремума функции нескольких переменных. Приведенные результаты верификации математической модели натурными экспериментами подтверждают адекватность математической модели реальным психологическим качествам человека и дают возможность применения способа определения злопамятного или незлопамятного робота для исследования психологии человека.

**Ключевые слова:** робот, искусственный интеллект, психология робота, психология, эмоции, память

## MATHEMATICAL MODELS VINDICTIVE AND NOT VINDICTIVE ROBOTS

**Shafer A.E., Penskiy O.G.**

*Perm State University, Perm, e-mail: ogpensky@mail.ru*

The article describes the mathematical models resentful and vindictive robots. The proposed model is based on the author's hypothesis that says that the robot emotions represented as ambivalent emotions, consisting of positive and negative emotions. The paper first introduces the mathematical definition of vindictive and forgiving robots, based on the memory of the coefficients characterizing the properties of robots in memorizing negative and positive components of ambivalent emotions. The paper proposes a method for determining the resentful or forgiving robots known robot emotions, based on the method of finding the conditional extremum of a function of several variables. These results verify the mathematical model of natural experiments confirm the adequacy of the mathematical model of a real psychological qualities of the person and allow the use of a method for determining vindictive or forgiving a robot to study human psychology. The results of research presented in the article, can be used in the design of robots with desired qualities and psychological evaluation psychological traits in humans.

**Keywords:** robot, artificial intelligence, robot, psychology, psychology, emotion and memory

В работах [3–5] приведены математические модели, позволяющие имитировать роботами эмоциональное поведение человека. Эмоции человека, имитируемые роботом, назовем псевдоэмоциями, а воспитание робота, полученное в результате псевдоэмоций, назовем псевдовоспитанием. В работе [6] впервые описаны модели комплексных псевдоэмоций робота и комплексных эмоций человека. Частным случаем комплексных псевдоэмоций робота и эмоций человека являются амбивалентные псевдоэмоции и амбивалентные эмоции.

В работе [8] предложена математическая модель амбивалентных псевдоэмоций роботов  $\bar{M}_i(t)$ , которая представляет вектор  $\bar{M}_i(t) = (M_i^+(t), M_i^-(t))$ , где  $M_i^+(t)$  и  $M_i^-(t)$  удовлетворяют условиям  $M_i^+(t) \geq 0$ ,  $M_i^-(t) \leq 0$ ,  $M_i^+(t)$  и  $M_i^-(t)$  удовлетворяют математическому определению псевдоэмоции [5],  $t$  – текущее время действия псевдо-

эмоции,  $i$  – порядковый номер псевдовоспитательного такта,  $i = 1, 2, 3, \dots$  [5].

Введем гипотезу о том, что любая псевдоэмоция робота  $\bar{M}_i(t)$  представима в виде вектора

$$\bar{M}_i(t) = (M_i^+(t), M_i^-(t)).$$

Рассмотрим равномерно забывчивых роботов [5].

Будем считать, что  $M_i^+(t)$  порождает воспитание  $R_i^+(t)$ ,  $M_i^-(t)$  порождает воспитание  $R_i^-(t)$ , где

$$R_i^+(t) = r_i^+(t) + \theta^+ R_{i-1}^+(t);$$

$$R_i^-(t) = r_i^-(t) + \theta^- R_{i-1}^-(t); \quad r_i^+(t) = \int_0^t M_i^+(\tau) d\tau;$$

$$r_i^-(t) = \int_0^t M_i^-(\tau) d\tau,$$

где  $R_i^+(t)$  – псевдовоспитание робота, порожденное неотрицательной компонентой

амбивалентной псевдоэмоции  $M_i^+(t)$ ;  $R_i^-(t)$  – псевдовоспитание робота, порожденное неотрицательной компонентой амбивалентной псевдоэмоции  $M_i^-(t)$ ,  $r_i^+(t)$ ,  $r_i^-(t)$  – элементарные псевдовоспитания роботов, порожденные псевдоэмоциями  $M_i^+(t)$  и  $M_i^-(t)$  соответственно;  $\theta^+$  и  $\theta^-$  – коэффициенты памяти положительной компоненты и отрицательной компоненты амбивалентной псевдоэмоции, характеризующие запоминание роботом псевдовоспитаний  $R_{i-1}^+(t)$  и  $R_{i-1}^-(t)$  соответственно,  $\theta^+ \in [1, 1]$ ,  $\theta^- \in [1, 1]$ .

Введем следующее **определение**.

Незлопамятным роботом назовем робота, для которого справедливо неравенство  $\theta^+ > \theta^-$ , робота для коэффициентов памяти которого выполняется  $\theta^+ < \theta^-$ , назовем злопамятным.

### Способ разложения псевдоэмоции на вектор амбивалентных псевдоэмоций

Предположим, что робот испытал единственную псевдоэмоцию  $M_0$ , породившую псевдовоспитание  $R_0$ , которое соответствует паре псевдовоспитаний  $(R_0^+, R_0^-)$ , причем справедливо соотношение

$$R_0 = R_0^+ + R_0^-.$$

Пусть при фиктивном такте [5] с порядковым номером  $i$  робот имеет псевдовоспитание  $R_i$ , причем справедливы формулы

$$R_i = R_i^+ + R_i^-; R_i^+ = (\theta^+)^i R_0^+; R_i^- = (\theta^-)^i R_0^-.$$

Пусть выполнено  $n$  фиктивных тактов [5]. Пусть для каждого из фиктивных тактов на основе экспериментов измерено значение псевдовоспитания робота  $R_i^{\text{эксп}}$  в конце фиктивного такта с номером  $i$ . Отметим, что в работе [7] описан один из способов измерения псевдовоспитаний и псевдоэмоций, поэтому допущение о возможности измерения  $R_i^{\text{эксп}}$  не является критичным.

Для фиктивного такта с номером  $i$  значение отклонения экспериментального псевдовоспитания от расчетного псевдовоспитания зададим формулой

$$\delta_i = \left( R_i^{\text{эксп}} - (\theta^+)^i R_0^+ - (\theta^-)^i R_0^- \right)^2.$$

Очевидно, что для фиктивных тактов, количество которых равно  $n$ , суммарное значение отклонения экспериментального псевдовоспитания от расчетного псевдовоспитания  $\Delta$  удовлетворяет соотношению

$$\Delta(\theta^+, R_0^+, \theta^-, R_0^-) = \sum_{i=1}^n \delta_i = \sum_{i=1}^n \left[ R_i^{\text{эксп}} - (\theta^+)^i R_0^+ - (\theta^-)^i R_0^- \right]^2. \quad (1)$$

Очевидно, что для того, чтобы величины  $\theta^+$ ,  $\theta^-$ ,  $R_0^+$ ,  $R_0^-$  адекватно описывали псевдовоспитательный процесс при фиктивных тактах, величина  $\Delta$  должна быть минимальна с учетом следующих ограничений:

$$\theta^+ \in [0, 1]; \theta^- \in [0, 1]; R_0^+ \geq 0; R_0^- \leq 0. \quad (2)$$

Используем метод Лагранжа [6] для определения условного экстремума функции (1) с ограничениями (2).

Стоит отметить, что для однозначного определения значений  $\theta^+$ ,  $R_0^+$ ,  $\theta^-$ ,  $R_0^-$  необходимо выполнение неравенства  $n \geq 4$ .

Для решения поставленной задачи разработана программа в пакете Mathematica [2]. Входными параметрами для программы является набор чисел  $R_1^{\text{эксп}}, R_2^{\text{эксп}}, \dots, R_n^{\text{эксп}}$ .

На выходе программа возвращает значения, для которых значение целевой функции  $\Delta$  минимально.

Приведем примеры определения значений  $\theta^+$ ,  $R_0^+$ ,  $\theta^-$ ,  $R_0^-$ , полученные на основе разработанной программы по заданным экспериментальным значениям.

#### Пример 1

Для следующих значений псевдовоспитаний:  $R_1^{\text{эксп}} = 100$ ,  $R_2^{\text{эксп}} = 70$ ,  $R_3^{\text{эксп}} = 20$ ,  $R_4^{\text{эксп}} = 5$  получены соответствующие значения  $\theta^+$ ,  $R_0^+$ ,  $\theta^-$ ,  $R_0^-$ :  $R_0^+ = 380$ ,  $R_0^- = -280$ ,  $\theta^+ = 0,24$ ,  $\theta^- = 0,07$ .

Таким образом, согласно введенному выше определению можно сделать вывод о том, что рассмотренный робот является злопамятным.

#### Пример 2

Для численных значений входных параметров псевдовоспитаний робота

$$R_1^{\text{эксп}} = 100, R_2^{\text{эксп}} = 89, R_3^{\text{эксп}} = 74, R_4^{\text{эксп}} = 57$$

получены следующие значения  $\theta^+$ ,  $R_0^+$ ,  $\theta^-$ ,  $R_0^-$ :

$$R_0^+ = 176, R_0^- = -76, \theta^+ = 0,46, \theta^- = 0,72.$$

Таким образом, можно сделать вывод о том, что этот робот является злопамятным.

Легко видеть, что, задавая коэффициенты  $\theta^+$ ,  $\theta^-$ , можно проектировать злопамятных или злопамятных роботов. В этом случае для определения величин  $R_0^+$ ,  $R_0^-$  необходимо минимизировать целевую функцию (1) с заданными коэффициентами  $\theta^+$ ,  $\theta^-$  при выполнении условия (2). Таким образом, количество необходимых экспериментальных значений для определения  $R_0^+$ ,  $R_0^-$  уменьшается до двух.

### Исследование математической модели

При изучении математической модели на устойчивость каждый из входных параметров  $R_1^{\text{эксп}}$ ,  $R_2^{\text{эксп}}$ ,  $R_3^{\text{эксп}}$ ,  $R_4^{\text{эксп}}$  увеличивался на величину  $\sigma$ , равную 1% от эталонного значения. Эталонное значение соответствует данным второй строки табл. 1.

Анализ табл. 1 позволяет утверждать, что изменение исходных параметров на 1% влечет изменение параметров, возвращаемых моделью, не более чем на 18%. Таким образом, математическая модель устойчива относительно входных параметров.

Предлагая метод определения злопамятности или незлопамятности робота, целью которого является построение робота – психологического аналога человека, важно верифицировать математическую модель натурными экспериментами, проведенными с людьми.

В работе [9] описана компьютерная программа, позволяющая численно измерять эмоциональное состояние человека на основе микровибраций его головы. В работе [7] описаны экспериментальные значения воспитаний человека для фиктивных тактов. Эти значения помещены в табл. 2. На основе решения задачи минимизации функции (1) при ограничениях (2) вычислены значения коэффициентов  $\theta^+$ ,  $\theta^-$  для испытуемых, которые также приведены в табл. 2. Соответствие рассчитанных коэффициентов памяти результатам экспертного оценивания, проведенного с помощью известных психологических методов определения злопамятности или незлопамятности человека, приведены в последней колонке табл. 2.

Анализ табл. 2 позволяет утверждать, что предложенная методика определения злопамятных или незлопамятных людей позволяет получать верные результаты в 87% случаев.

Таблица 1

Характеристики устойчивости модели

	$R_0^+$	$R_0^-$	$\theta^+$	$\theta^-$
$R_1^{\text{эксп}}, R_2^{\text{эксп}}, R_3^{\text{эксп}}, R_4^{\text{эксп}}$	380	-280	0,24	0,07
$R_1^{\text{эксп}}, R_2^{\text{эксп}}, R_3^{\text{эксп}}, R_4^{\text{эксп}} + \sigma$	366	-266	0,24	0,07
$R_1^{\text{эксп}}, R_2^{\text{эксп}}, R_3^{\text{эксп}} + \sigma, R_4^{\text{эксп}}$	431	-331	0,23	0,08
$R_1^{\text{эксп}}, R_2^{\text{эксп}} + \sigma, R_3^{\text{эксп}}, R_4^{\text{эксп}}$	365	-265	0,24	0,06
$R_1^{\text{эксп}} + \sigma, R_2^{\text{эксп}}, R_3^{\text{эксп}}, R_4^{\text{эксп}}$	380	-280	0,24	0,07

Таблица 2

Результаты верификации модели натурными экспериментами

№ п/п	$R_1^{\text{эксп}}$	$R_2^{\text{эксп}}$	$R_3^{\text{эксп}}$	$R_4^{\text{эксп}}$	$\theta^+$	$\theta^-$	Экспертная оценка
1	227	202	174	148	0,84	0,34	Незлопамятные
2	148	145	142	139	0,97	0,92	Незлопамятные
3	151	140	126	112	0,88	0,39	Незлопамятные
4	162	160	154	148	0,96	0,06	Незлопамятные
5	211	181	150	122	0,79	0,48	Незлопамятные
6	157	151	145	134	0,8	0,83	Злопамятные
7	227	209	193	171	0,81	0,78	Незлопамятные
8	193	183	176	165	0,89	0,89	Злопамятные

### Заключение

Таким образом, в настоящей публикации впервые предложена математическая модель злопамятных и незлопамятных роботов, основанная на амбивалентных псевдоэмоциях. Эта модель позволяет проектировать роботов с заданными психологическими характеристиками (злопамятностью и незлопамятностью). На основе проведенных численных и натуральных экспериментов можно сделать вывод о том, что способ определения злопамятных или незлопамятных роботов адекватно отражает реальные психологические качества человека.

Предложенная модель злопамятных и незлопамятных роботов может быть использована при разработке нового класса компьютерных игр, учитывающих психологическое поведение их героев. Одним из возможных применений предложенного в статье метода определения злопамятных или незлопамятных людей может быть, например, определение психологических качеств человека при приеме на работу, формирование групп людей, члены которых будут наиболее дружелюбно настроены друг к другу, что, на наш взгляд, будет определять отсутствие конфликтов в группе при выполнении заданий, и т.д.

### Список литературы

1. Галеев Э.М. Оптимизация. Теория. Примеры. Задачи: учеб. для вузов. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 320 с.
2. Пакет Математика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.exponenta.ru/educat/systemat/lerner/1.asp> (дата обращения: 01.03.2016).
3. Пенский О.Г. Гипотезы и алгоритмы математической теории исчисления эмоций / О.Г. Пенский, П.О. Зонova. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2009. – 152 с.

4. Пенский О.Г. Математические модели эмоциональных роботов. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. – 192 с.

5. Пенский О.Г. Основы математической теории эмоциональных роботов / О.Г. Пенский, К.В. Черников. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. – 256 с.

6. Пенский О.Г. Модели амбивалентных эмоций роботов / О.Г. Пенский, К.В. Черников // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. – 2010. – № 3(3). – С. 97–95.

7. Черников К.В. Математические модели роботов с неабсолютной памятью: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. физ.-мат. наук. (05.13.18) / Черников Кирилл Викторович; Пермский национальн. исслед. политехн. ун-т. – Пермь, 2013. – 16с.

8. Шафер А.Е. Модель амбивалентных эмоций робота // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. – 2015. – № 2(29). – С. 63–67.

9. ЭЛСИС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elsys.ru/> (дата обращения: 12.12.2015).

### References

1. Galeev E.M. Optimizaciya. Teoriya. Primery. Zadachi. Moskva: Editorial URSS, 2000. 320 p.
2. Paket Matematika (2016), Available at: <http://www.exponenta.ru/educat/systemat/lerner/1.asp> (accessed: 01 March 2016).
3. Penskiy O.G., Zonova P.O. Gipotezy i algoritmy matematicheskoi teorii ischisleniya emocii. Perm: Perm. gos. un-t, 2009. 152 p.
4. Penskiy O.G., Chernikov K.V. Osnovy matematicheskoi teorii emocionalnyh robotov. Perm: Perm. gos. un-t, 2010. 256 p.
5. Penskiy O.G., Chernikov K.V. Osnovy matematicheskoi teorii emocionalnyh robotov. Perm: Perm. gos. un-t, 2010. 256 p.
6. Penskiy O.G., Chernikov K.V. Modeli ambivalentnyh emocii robotov. – Vestnik Permskogo universiteta. Matematika. Mehanika. Informatika, 2010, no. 3(3), pp. 97–95.
7. Chernikov K.V. Matematicheskie modeli robotov s neabsolyutnoi pamyatyu: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. fiz.-mat. nauk. Perm; Permskii nacionaln. issled. politehn. un-t. Perm, 2013. 16p.
8. Shafer A.E. Model ambivalentnyh emocii robota – Vestnik Permskogo universiteta. Matematika. Mehanika. Informatika, 2015, no. 2(29), pp. 63–67.
9. ELSYS (2012), Available at: <http://www.elsys.ru/> (accessed: 12 Desember 2015).

УДК 004.052.32

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЕЕ НАДЕЖНОСТИ

Шлаев Д.В., Резеньков Д.Н., Гайчук Д.В.

*ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»,  
Ставрополь, e-mail: shlaev.dmitry@yandex.ru*

Надежность информационной системы обеспечивается за счет адекватных целей и масштабов системы в процессе хранения и обработки данных. Одним из наиболее распространенных методов исследования состояний информационной системы является метод интенсивностей переходов, основанный на предположении о пуассоновском потоке редких событий, переводящих информационную систему из одного состояния в другое, т.е. поток событий обладает свойствами ординарности и отсутствия последствия. Для повышения надежности функционирования информационной системы можно использовать резервное копирование встроенных механизмов для расширения защиты данных. В результате вероятность безотказной работы информационной системы с постоянно включенным резервом и замещением может быть рассчитана. Из двух указанных типов резервирования наибольший выигрыш в надежности достигается при резервировании замещением. Однако такое резервирование имеет один существенный недостаток, заключающийся в том, что для его физической реализуемости требуется «идеальная» система мониторинга состояния системы и коммутации при отказе работающей системы.

**Ключевые слова:** надежность, информационная система, отказоустойчивость, резервирование

## THE STUDY OF FUNCTIONAL STATES OF AN INFORMATION SYSTEM TO IMPROVE ITS RELIABILITY

Shlaev D.V., Rezenkov D.N., Gaychuk D.V.

*Stavropol State Agrarian University, Stavropol, e-mail: shlaev.dmitry@yandex.ru*

The reliability of the information system is ensured through adequate design and scope of the system in the process of data storage and processing. One of the most common methods of research of the state information system is the method of the intensities of the transitions, based on the assumption of Poisson stream of rare events that transform an information system from one state to another, i.e. the flow of events has the properties of ordinary and lack of follow-through. To improve the reliability of functioning of information system you can use backup built-in mechanisms for enhancing data protection. As a result, the probability of failure of an information system with full-time reserve and substitution can be calculated. Of the two types of reservations, the largest gain in reliability is achieved by redundancy replacement. However, this redundancy has one major drawback, namely that for its physical realizability requires «perfect» system of monitoring and switching upon failure of the operating system.

**Keywords:** reliability, information system, fault tolerance, redundancy

Для информационной системы важным принципом построения является надежность. Информационная система должна быть максимально защищена от несанкционированного доступа к информации, а также должна полностью отображать информационные и функциональные параметры. Надежность информационной системы обеспечивается с помощью средств адекватных назначению и масштабу системы в процессе хранения и обработки данных. Также следует особо выделить безотказное выполнение функций информационной системой на всех этапах эксплуатации [8].

Комплексный показатель надежности информационной системы обусловлен целым рядом факторов: конструктивных, производственно-технологических, эксплуатационных и др. Многообразие факторов, влияющих на надежность информационной системы, носит случайный

характер процессов изменения свойств во времени, приводящий к изменениям характеристик и отказам системы. Поэтому надежность информационных систем описывается вероятностно-статистическими закономерностями [4].

Надежность информационных систем должна решаться на всех стадиях жизненного цикла системы. Надежность является внутренним свойством информационной системы, заложенным при ее создании и проявляющимся во времени при функционировании и эксплуатации.

Таким образом, в процессе функционирования информационная система может находиться в одном из некоторого множества состояний (фаз), причем каждое из состояний характеризуется определенным уровнем надежности, т.е. переход из одного состояния в другое определяется показателями надежности информационной

системы, в частности «интенсивностями переходов» – условными плотностями вероятностей переходов [1].

Одним из наиболее распространенных методов исследования состояний информационной системы является метод интенсивностей переходов, основанный на предположении о пуассоновском потоке редких событий, переводящих информационную систему из одного состояния в другое, т.е. поток событий обладает свойствами ординарности и отсутствия последействия [2].

Для пуассоновского потока [7]:

1) вероятность появления на интервале времени  $(0, t)$   $m$  событий равна

$$P(m, t) = \frac{a^m}{m!} e^{-a}, \quad (m = 0, 1, 2, \dots), \quad (1)$$

где  $a$  – математическое ожидание числа событий на участке от  $t_0$  до  $t_0 + \tau$ , равное

$$a = \int_{t_0}^{t_0 + \tau} \lambda(t) dt,$$

$\lambda(t)$  – интенсивность (плотность) потока событий, причем для простейшего потока  $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$ ;

2) интервал времени между событиями распределен по экспоненциальному закону.

При таких предположениях можно составить и решить систему дифференциальных уравнений А.Н. Колмогорова [7], построив ориентированный граф, вершинами которого являются состояния информационной системы, а направленные ребра – интенсивности и направления возможных переходов.

Решение дифференциальных уравнений осуществляется с использованием преобразований Лапласа, позволяющих свести их к алгебраическим уравнениям.

Рассмотрим на примере исследование состояний информационной системы, которая может находиться в двух состояниях: работоспособном ( $S_1$ ) и неработоспособном ( $S_2$ );  $\lambda$  – интенсивность простейшего потока отказов информационной системы,  $\mu$  – интенсивность простейшего потока восстановлений работоспособности информационной системы.

Тогда граф состояний рассматриваемой информационной системы имеет вид, представленный на рис. 1

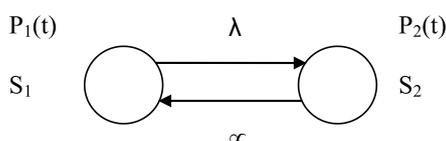


Рис. 1. Граф состояний системы

Дифференциальные уравнения, соответствующие графу состояний на рис. 1, в соответствии с вышеприведенными правилами будут иметь вид

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_1(t)}{dt} &= -\lambda P_1(t) + \mu P_2(t), \\ \frac{P_2(t)}{dt} &= \lambda P_1(t) - \mu P_2(t). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Так как состояния  $S_1$  и  $S_2$  несовместимы, т.е. составляют полную группу событий, то  $P_1(t) + P_2(t) = 1$ .

Задавая различные начальные условия (при  $t = 0$ ), с помощью преобразований Лапласа можно получить значения вероятностей  $P_1(t)$  и  $P_2(t)$ .

а) Пусть  $P_1(0) = 1$  и  $P_2(0) = 0$ , т.е. начальное состояние информационной системы работоспособно. Используя преобразования Лапласа, получим

$$\left. \begin{aligned} sF_1(s) - 1 &= -\lambda F_1(s) + \mu F_2(s), \\ sF_2(s) &= \lambda F_1(s) - \mu F_2(s). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Переходя от изображений к оригиналам, получим

$$P_1(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}; \quad (4)$$

$$P_2(t) = 1 - P_1(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} - \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}. \quad (5)$$

б) Пусть  $P_1(0) = 0$  и  $P_2(0) = 1$ , т.е. начальное состояние информационной системы неработоспособно. Тогда аналогично получим

$$P_1(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\mu}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}; \quad (6)$$

$$P_2(t) = 1 - P_1(t). \quad (7)$$

Таким образом, полученные соотношения позволяют определить вероятности двух состояний информационной системы в произвольный момент времени  $t$  из различных начальных состояний.

Расчеты по определению вероятностей состояния информационной системы можно автоматизировать (например, для автоматизации использовать математический

пакет MathCAD) [6]. Список характеристик информационной системы может быть расширен. Кроме определения вероятностей состояния информационной системы, могут быть вычислены показатели безотказности: вероятность безотказной работы, вероятность отказа, средняя наработка до отказа, средняя наработка на отказ, интенсивность отказов и т.п. [5].

Для увеличения надежности любой информационной системы применяется резервирование. Любое резервирование основывается на включении в состав системы дополнительных средств. В нашем случае – дополнительных механизмов защиты. Использование в системе защиты дополнительных механизмов можно рассматривать не только с целью расширения функций встроенных механизмов защиты, но и с целью их резервирования.

Аналогично тому, как это выполнено в теории надежности информационных систем, определены следующие показатели: вероятность безотказной работы нерезервированной и резервированной системы [3]. Как показали исследования, исходная нерезервированная система недостаточно надежна и не может обеспечить требуемый риск.

Для повышения надежности функционирования информационной системы исследовали два вида резервирования: с постоянно включенным резервом и по методу замещения.

Приведем пример вычисления вероятности безотказной работы нерезервированной и резервированной информационной системы.

Пусть вероятность того, что в любой момент времени (на рассматриваемом промежутке работы равном 1000 часов) объект защищен нерезервированной системой, равна

$$p_c(1000) = e^{-\lambda t} = e^{-10^{-4} \cdot 1000} = 0,9048.$$

Далее для определения вероятности безотказной  $P_c(t)$  работы резервированной информационной системы составим и решим систему дифференциальных уравнений [7]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t); \\ \frac{dP_i(t)}{dt} &= \lambda P_{i-1}(t) - (\lambda + i\mu)P_i(t) + (i+1)\mu P_{i+1}(t), \quad i = 1, 2, \dots, n-1; \\ \frac{dP_n(t)}{dt} &= \lambda P_{n-1}(t) - n\mu P_n(t). \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

В результате преобразований получены значения вероятности безотказной работы информационной системы с постоянно включенным резервом для значения интенсивности восстановления системы  $\rho = 0,1$  время восстановления системы защиты  $T_v = 8$  недель и  $\rho = 0,01$  при  $T_v = 1$  неделя.

Вероятность того, что в момент времени от 0 до 1000 часов информационная система работает безотказно, для  $\rho = 0,01$  выше, чем при  $\rho = 0,1$ . Как показывает графическая зависимость, представленная на рис. 2, с увеличением времени непрерывной работы вероятность безотказной работы уменьшается.

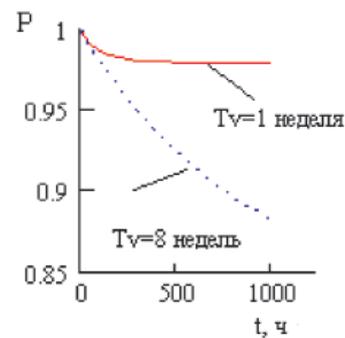


Рис. 2. Вероятность безотказной работы информационной системы с постоянно включенным резервом

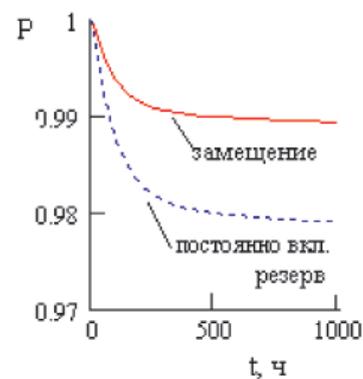


Рис. 3. Вероятность безотказной работы информационной системы с постоянно включенным резервом

Как показывает анализ графических зависимостей представленных на рис. 3, вероятность безотказной работы информационной

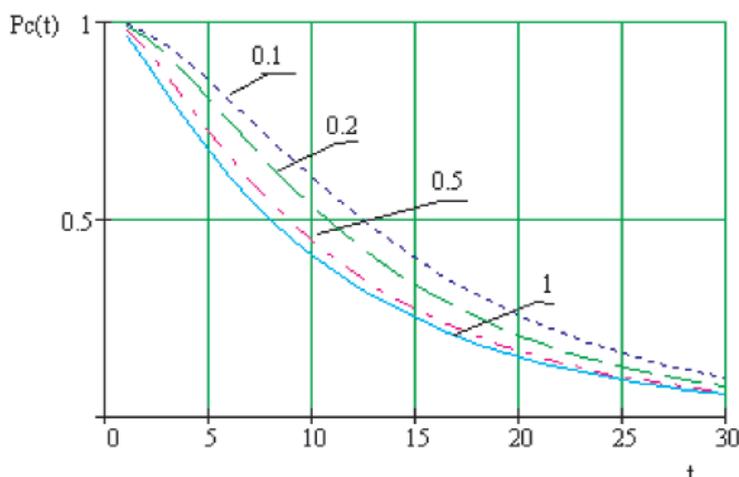


Рис. 4. Зависимость безотказной работы  $P_c(t)$  при различных значениях интенсивности  $\lambda$

системы с замещением выше, чем вероятность безотказной работы системы с постоянно включенным резервом.

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

- время восстановления (время устранения уязвимостей) должно служить требованием к предприятию разработчику информационной системы;

- с увеличением времени непрерывной работы вероятность того, что информационная система безотказно работает, уменьшается;

- из двух указанных видов резервирования наибольший выигрыш надежности достигается при резервировании замещением.

Однако это резервирование имеет два существенных недостатка:

- для его физической реализуемости требуется автомат контроля состояния системы и коммутации при отказе работающей системы;

- производительность информационной системы уменьшается.

На рис. 4 приведены графики вероятностей безотказной работы информационной системы  $P_c(t)$  для случая  $\lambda = 0,1; 0,2; 0,5; 1$  с использованием автомата контроля и коммутации системы.

Из графиков видно, что автомат контроля и коммутации влияет на вероятность безотказной работы резервированной информационной системы. Причем для случая, когда  $\lambda_1 = 0,1$ , вероятность безотказной работы системы наибольшая, а при  $\lambda_1 = 1$  – вероятность безотказной работы наименьшая. Из двух рассмотренных видов резервирования наибольший выигрыш надежности системы защиты достигается при резервировании замещением, если автомат контроля состояния информационной системы и коммутации при отказе работающей системы «идеален» с точки зрения отказоустойчивости.

### Список литературы

1. Гусева Л.Л., Зайцева И.В. Методы резервирования механизмов защиты для повышения отказоустойчивости системы защиты информации // Информационное противодействие угрозам терроризма. – 2010. – № 14. – С. 102–106.
2. Зайцева И.В. Решение задачи оптимального управления математической моделью сложной экономической системы // Наука. Инновации. Технологии. – 2010. – № 5. – С. 16–21.
3. Зайцева И.В., Курочкина А.И., Таранушенко Ю.В. Развитие моделирования с ориентацией на новые информационные технологии // Модели управления производством и совершенствование информационных технологий. – 2010. – С. 146–147.
4. Зайцева И.В., Романкова М.В., Аверичкин П.А. К Вопросу о надежности информационной системы // Актуальные проблемы информатизации современного общества: сборник заочного международного научно-практического семинара. – 2007. – С. 123–126.
5. Кривошеева В.М., Зайцева И.В. Инновационные подходы управления предприятием с использованием современных информационных технологий // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2015. – № 2 (47). – С. 41–44.
6. Лабуренко Е.С., Зайцева И.В., Шаповал А.С. Компьютеризация информационных процессов в бухгалтерском учете // Моделирование производственных процессов и развитие информационных систем. – 2012. – С. 86–87.
7. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 560 с.
8. Шаяхметов О.Х., Зайцева И.В. Защита информации: монография. – Ставрополь, НОУ ВПО СКСИ, 2007. – 392 с.

### References

1. Guseva L.L., Zajceva I.V. Metody rezervirovaniya mehanizmov zashhity dlja povysheniya otkazoustojchivosti sistemy zashhity informacii // Informacionnoe protivodejstvie ugrozam terrorizma. 2010. no. 14. pp. 102–106.
2. Zajceva I.V. Reshenie zadachi optimalnogo upravlenija matematicheskoj modelju slozhnoj jekonomicheskoj sistemy // Nauka. Innovacii. Tehnologii. 2010. no. 5. pp. 16–21.
3. Zajceva I.V., Kurochkina A.I., Taranushenko Ju.V. Razvitie modelirovaniya s orientaciej na novye informacionnye tehnologii // Modeli upravlenija proizvodstvom i sovershenstvovanie informacionnyh tehnologij. 2010. pp. 146–147.
4. Zajceva I.V., Romankova M.V., Averichkin P.A. K Voprosu o nadezhnosti informacionnoj sistemy // Aktualnye problemy informatizacii sovremennogo obshhestva: sbornik zaocznego mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminar. 2007. pp. 123–126.
5. Krivosheeva V.M., Zajceva I.V. Innovacionnye podhody upravlenija predpriatiem s ispolzovaniem sovremennyh informacionnyh tehnologij // Vestnik Severo-Kavkazskogo federalnogo universiteta. 2015. no. 2 (47). pp. 41–44.
6. Laburenko E.S., Zajceva I.V., Shapoval A.S. Kompjuterizacija informacionnyh processov v buhgalterskom uchete // Modelirovanie proizvodstvennyh processov i razvitie informacionnyh sistem. 2012. pp. 86–87.
7. Polovko A.M., Gurov S.V. Osnovy teorii nadezhnosti. 2-e izd., pererab. i dop. SPb.: BHV-Peterburg, 2006. 560 p.
8. Shajahmetov O.H., Zajceva I.V. Zashhita informacii: monografija. Stavropol, NOU VPO SKSI, 2007. 392 p.

УДК 338.312

## КЛАССИФИКАЦИЯ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Аббясова Д.Р., Шабалина У.М.

*Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,  
Москва, e-mail: abbyasova@gmail.com, solnce2007@mail.ru*

В статье рассматривается подход к конкретизации категории риска производственной сферы предприятия, на основе которой предложена укрупненная классификация рисков рыночной деятельности и детальная структуризация риска по формам проявления и способам нейтрализации. Приведена детальная декомпозиция производственного риска до уровня набора элементарных рисков, позволяющая сформировать информационную базу решения задач сопоставительной оценки и управления рисками производственной сферы предприятия. Комплексная реализация механизмов управления риском производственной сферы позволит сформировать в рамках организационной структуры управления предприятием адекватную систему риск-менеджмента и будет направлена на создание механизма, способного обеспечить эффективную организацию деятельности предприятия, рост его рыночной стоимости, повышение кредитного и инвестиционного рейтингов в условиях неопределенности внешней и внутренней сред.

**Ключевые слова:** производственная сфера предприятия, рыночная и инвестиционная стратегии предприятия, риск производственной сферы, классификация риска, риск-менеджмент

## CLASSIFICATION AND METHODS OF RISK MANAGEMENT IN PRODUCTION SPHERE OF A COMPANY

Abbyasova D.R., Shabalina U.M.

*Plekhanov Russian University of Economics, Moscow,  
e-mail: abbyasova@gmail.com, solnce2007@mail.ru*

Considers the approach to specifying the risk category of the enterprise production scope on the basis of which are proposed integrated classification of risks of market activities and detailed structuring risk forms of manifestation and ways of neutralization. The detailed decomposition of operational risk to the level of a set of elementary risks, allowing to form a knowledge base solution of problems of comparative assessment and management of risks of industrial sphere of the enterprise. Comprehensive implementation of risk-management mechanisms of the production sphere will form within the organizational structure of enterprise management an adequate system of risk management and is aimed at creating a mechanism that can ensure the effective organization of activity of the enterprise, increase its market value, increase credit ratings and investment in conditions of uncertainty of external and internal environments.

**Keywords:** production sphere of enterprise, market and investment strategy of the company, the risk of industrial sphere, risk classification, risk management

В научно-технической, а в последнее десятилетие и экономической литературе категория производственного риска получила широкое распространение и используется в одном ряду с составляющими эту более широкую категорию понятиями снабженческого, транспортного, управленческого, бытового и других видов риска при описании производственно-технологических особенностей функционирования предприятия по центрам ответственности (прибыли и затрат) – узлам возникновения и управления риском [1, 4, 5, 6, 7, 9, 10].

Однако при таком подходе, в котором акцент делается исключительно на результатах рыночной деятельности предприятия, оценивается лишь возможный материальный ущерб и финансовые потери проявления того или иного риска в сферах снабжения, производства и сбыта и игнорируется

системный фактор организации и управления производством, подразумевающий, что производство не ограничивается взаимосвязанными технологиями и иницируемыми ими потоками материальных, трудовых и пр. ресурсов, но напротив, конкретизируется вполне определённой системой взаимоотношений субъектов производственных отношений, что в совокупности наделяет производственную организацию известным набором поведенческих свойств, характеризующих живой организм [3, 6, 8]. Например, если уменьшить затраты транспортного отдела, они ожидаемо увеличатся в системах организации снабжения.

Для того, чтобы отделить понятие «риск как неотъемлемая черта центра образования затрат» от понятия «риск как возможное препятствие для организации в реализации своей миссии и целей», нами предполагается

ся уточнение содержания категории «производственный риск», под которым следует понимать гипотетическую возможность возникновения в производственно-технологическом процессе (или в более широком контексте – бизнес-процессе) неблагоприятного для бизнеса сочетания факторов внешней и внутренней сред предприятия, препятствующего управляемости и негативно отражающегося на его рыночной устойчивости. Под производственно-технологическим процессом в этом контексте понимается комплекс бизнес-процессов вдоль полной технологической цепочки от разработки, изготовления, хранения и сбыта продукции до организации финансирования производства, внедрения инновационных продуктов и технологий, обучения персонала и пр. Таким образом, производственные риски возникают на этапах и в процессе научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (НИОКР), снабжения, производства, реализации и послереализационного обслуживания продукции (оказываемых услуг) [3].

Приведенный подход к конкретизации производственного риска позволяет предложить следующую укрупненную классификацию его составляющих.

### Риски НИОКР

В эту группу входят риски инвестиционно-инновационной деятельности. Концепция рисков НИОКР базируется на том факте, что в процессе реализации инноваций и отдельных инвестиционных проектов вполне вероятна ситуация недостижения желаемых (запланированных) результатов (или прямых потерь).

**Непосредственно производственные риски** представляют основную группу рисков производственной сферы и включают риски организации и управления производством.

### Транспортные риски

**Реализационные риски.** Эта группа включает риски маркетинговой и коммерческой деятельности.

Отметим, что в литературных источниках встречаются и другие классификации, в основу которых положены следующие признаки [2, 3, 5]:

- причина возникновения;
- место обнаружения;
- центр ответственности;
- возможность страхования;
- длительность действия и пр.

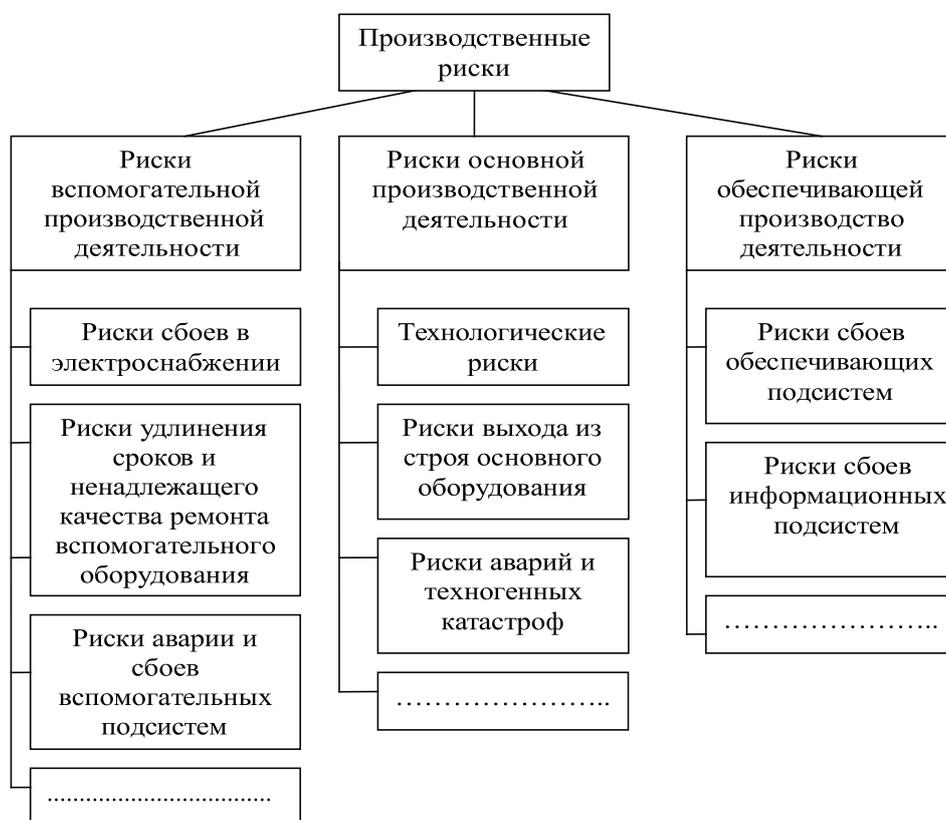


Рис. 1. Укрупненная классификация рисков производственной сферы предприятия

На наш взгляд, первичную классификацию рисков производственной сферы предприятия целесообразно проводить по видам производственной деятельности. В соответствии с этим подходом производственные риски следует классифицировать следующим образом (рис. 1).

По мнению авторов, в продолжении представленной классификации на конкретном предприятии следует провести детальную декомпозицию производственных рисков до уровня набора элементарных рисков, что позволит сформировать информационную базу комплекса задач сопоставительной оценки и управления риском.

Риск связан с потенциальной возможностью отклонения целевых показателей рыночной деятельности предприятия от запланированных уровней. Причем не любое отклонение является проявлением риска, а только то, величина которого превышает некий допустимый (пороговый) уровень [3, 4].

В случае, если на предприятии функционирует надежная система планирования и бюджетирования, обеспечивающая действенный контроль над потоками материальных и финансовых ресурсов, главной причиной отклонения целевых показателей в ту или иную сторону становится проявление влияния факторов неопределенности, причем как внешней (поставщики, потребители, товарные и финансовые рынки, третьи лица, государственные институты, природные явления и пр.), так и внутренней (оппортунистическое поведение персонала, устаревшие технологии, неудовлетворенная структура совокупного и, отдельно, производственного капиталов и пр.) сред [3, 6].

Уровень риска, как правило, является управляемым параметром, величина кото-

рого регулируется применяемой системой риск-менеджмента. Результатом измерения риска является количественная оценка (вероятность) возможного отклонения целевого показателя в рассматриваемом интервале времени. На стратегическом уровне управления предприятием оценка риска, как правило, осуществляется на основе качественных показателей (высокий, средний, низкий).

На промежуточном уровне управления (структурное подразделение, центр ответственности) и нижних уровнях (бизнес-процесс, технологическая операция) количественные показатели риска должны строиться на основе оценки возможных отклонений показателей, характеризующих качество функционирования производственно-технологической и организационно-технической подсистем предприятия.

На верхнем уровне управления предприятием количественные показатели риска должны трансформироваться в показатели, измеряемые в стоимостном выражении. Таким образом, количественный показатель риска на верхнем (стратегическом) уровне управления предприятием – стоимостное выражение максимально допустимых материальных и (или) финансовых потерь с заданной вероятностью (в рассматриваемом интервале планирования).

В качестве возможных количественных характеристик производственного риска используются следующие величины:

- интегрированная в баллах оценка тяжести последствий наступления рискового события;
- вероятность реализации риска;
- вероятность обнаружения события риска.

Матрица «Вероятность риска – тяжесть последствия»

Категория риска по характеристике частоты проявления	Тяжесть			
	Катастрофический риск	Критический риск	Некритический риск	Риск со сверхмалыми последствиями
Частый риск	A	A	A	C
Вероятный риск	A	A	B	C
Возможный риск	A	B	B	D
Редкий риск	A	B	C	D
Риск с пренебрежительно малой частотой проявления	B	C	C	D

Уровень реакции на риск:

- A – обязателен углубленный анализ и комплексное обследование объекта проявления риска;
- B – желателен углубленный анализ, комплексное обследование объекта проявления риска;
- C – можно ограничиться только качественным анализом показателей риска;
- D – количественный анализ и обследование объекта проявления риска не требуются.

На этапе экспертного оценивания риска возможно использование матрицы «Вероятность риска – тяжесть последствия» (таблица), которая предоставляет возможность ранжирования рисков [1, 4].

Применение подобных приведенной в таблице матриц-карт рисков позволяет наглядно ранжировать риски, устанавливать приоритетность их обработки, оценивать целесообразность последующих затрат на управление объектами риска [9].

Для оценивания производственных рисков возможно применение различных методик, в частности построенных на основе FMEA (АВПКО) метода риском [10]. Метод был принят в качестве официального государственным стандартом ГОСТ 27.310–95 «Анализ видов, последствий и критичности отказов» и явился обязательным к применению в отдельных отраслях промышленности и при выпуске отдельных видов изделий.

Метод реализует следующий цикл управления риском:

- декомпозиция причин отказов и их последствий;

- количественная оценка риска с заполнением формы рабочих листов АВПКО.

Метод АВПКО ориентирован на использование интегрального показателя: произведение баллов вероятности, тяжести и возможности обнаружения дефекта. Оценивание риска заключается в сравнении значения риска реализации с максимально допустимым значением согласно стандарту предприятия.

Например, максимально допустимое значение устанавливается равным 100 усл. баллам. Риски, имеющие показатель критичности больше 100, подлежат анализу и подвергаются мониторингу в обязательном порядке на временном промежутке такой длительности, который обеспечивает оценку предполагаемого риска ниже порогового значения.

В зависимости от количественной оценки и результатов анализа объекта риска зависит выбор конкретного метода управления риском. Приведенный анализ традиционных и новых методов управления рисками позволяет утверждать, что все многообразие применяемых в практике промышленных предприятий организационно-экономических методов управления риском можно условно разделить на четыре группы (рис. 2) [1, 3, 7, 9].

*Методы уклонения от риска* получили наибольшее распространение в хозяйственной практике предприятий. К ним обра- щаются,

если предпочитают минимизировать возможные риски. В этом случае менеджеры отказываются от услуг ненадежных партнеров, стремятся сотрудничать исключительно с надежными контрагентами – потребителями и поставщиками, ограничивая круг партнеров.

*Методы локализации риска* используют в тех достаточно редких ситуациях, когда удается достоверно и обоснованно идентифицировать источники риска. Локализуя наиболее ненадежный этап или участок производственной деятельности, стараются повысить его контролируемость и таким образом снизить уровень риска. Подобные методы давно и достаточно успешно применяют различные крупные производственные компании при внедрении масштабных инновационных проектов освоения новых видов продукции. Как правило, это продукция, для организации производства которой требуются интенсивные и дорогостоящие НИОКР, ориентированные на использование современных научно-технических достижений.

*Методы диссипации (распределения) риска* представляют собой достаточно гибкие инструменты управления. Основным методом является распределение общего риска путем интеграции с другими партнерами по бизнесу. В некоторых случаях становится возможным *распределение общего риска по времени или по отдельным этапам* реализации инновационного проекта. К этой же группе методов управления риском относятся различные варианты диверсификации рыночной деятельности предприятия.

Рассмотрим представленные на рис. 2 группы методов и отдельные методы управления риском [1, 9].

*Методы компенсации риска* – актуальное направление нейтрализации угроз и негативного воздействия факторов внешней среды, связанное с формированием механизмов предупреждения угроз. По форме воздействия на объект управления методы компенсации относят к *упреждающим риск методам*. Однако эти методы отличаются высокой трудоёмкостью, требуют значительной по объёму и затратам предварительной аналитической работы, от качества выполнения которой зависит эффективность их практического применения. Наиболее распространенным является метод стратегического планирования производственной и финансовой деятельности [3, 8].

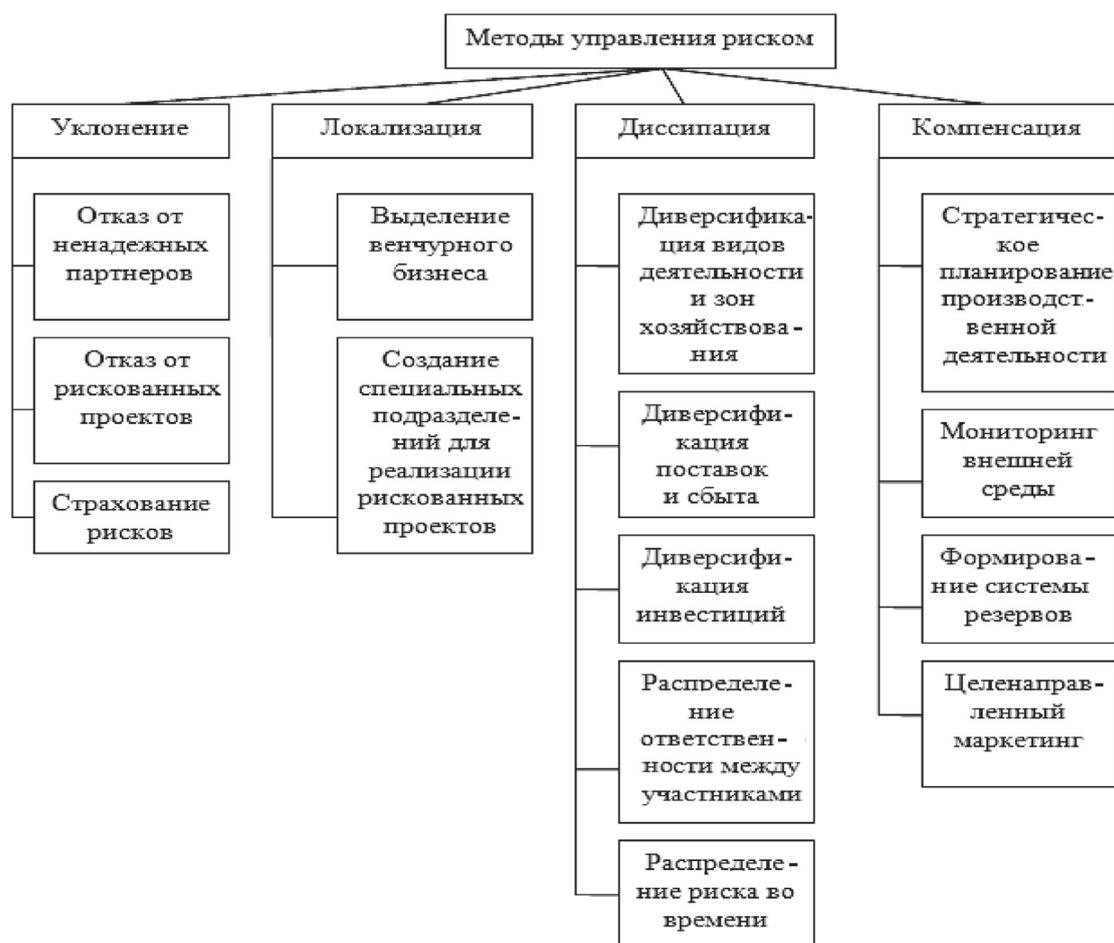


Рис. 2. Методы управления риском производственной сферы предприятия

Осуществив выбор метода управления производственным риском, необходимо сформировать процедуру управления им (рис. 3) [4, 9].

Комплексная реализация механизмов управления риском производственной сферы позволит сформировать в рамках организационной структуры управления предприятием адекватную систему риск-менеджмента, в функции которой должно войти:

- выявление рисков внешней и внутренней сред, которые в наибольшей степени влияют на результаты деятельности предприятия;

- организация и обеспечение управления рисками на регулярной основе, разграничение ответственности за возникновение рискованных ситуаций между структурными подразделениями (центрами ответственности);

- повышение эффективности рыночной деятельности предприятия, снижение воз-

можных потерь и оптимизация затрат по управлению риском;

- построение эффективной системы антикризисного управления предприятием с использованием дополнительных критериев выбора и принятия управленческих решений, организации обратной связи и внедрения механизмов оценки качества реализуемых бизнес-процессов;

- повышение доверия к менеджменту предприятия со стороны акционеров, инвесторов, контрагентов и общества.

В заключение отметим, что выбор и построение системы управления риском направлены не на устранение факторов риска, а на создание механизма, способного обеспечить эффективную организацию деятельности предприятия, рост его рыночной стоимости, повышение кредитного и инвестиционного рейтингов в условиях неопределенности внешней и внутренней сред.

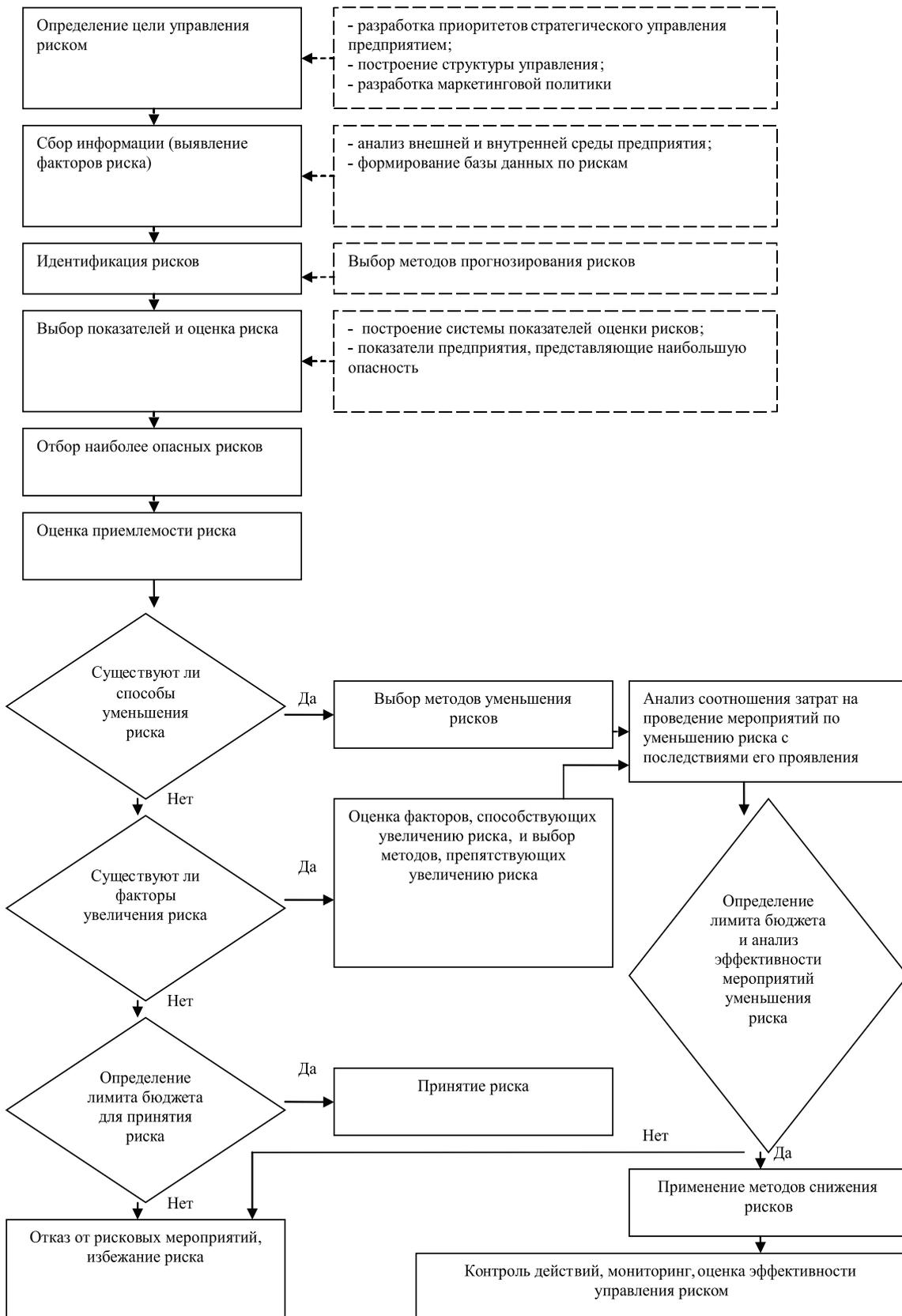


Рис. 3. Содержание процессов управления рисками

## Список литературы

1. Евстафьев И.Н. Тотальный риск-менеджмент. – М.: Эксмо, 2008. – 208 с.
2. Емельянов П.С., Халиков М.А. Сравнительный анализ современных методов учета затрат на производство промышленной продукции // Современные аспекты экономики. – 2005. – № 11 (78). – С. 165–178.
3. Максимов Д.А., Халиков М.А. Методы оценки и стратегии обеспечения экономической безопасности предприятия. – М.: ЗАО «Гриф и К», 2012. – 220 с.
4. Ступаков В.С., Токаренко Г.С. Риск-менеджмент – М.: Финансы и статистика, 2005. – 282 с.
5. Титович А.А. Менеджмент риска и страхования: учеб. пособие – Минск: Выш. шк., 2008. – 271 с.
6. Тэпман Л.Н. Риски в экономике: учеб пособие для вузов / под ред. проф. В.А. Швандера. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 380 с.
7. Халиков М.А., Максимов Д.А. О приоритетной модели российской экономики // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – М., 2015. – № 4. – С. 309–310.
8. Халиков М.А., Максимов Д.А. Концепция и теоретические основы управления производственной сферой предприятия в условиях неопределенности и риска // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – М., 2015. – № 10. – С. 711–719.
9. Черкасова В. Комплексный подход к управлению рисками – «РИСК». – 2005. – № 2(370). – С. 35–38.
10. FMEA – Анализ характера и последствий отказов // Сайт «LA METROLOGIE EST QUALITE DES MEASSURES – Статистические методы анализа и управления качеством». <http://www.metro-logie.ru/qualitymanagement-stat31.htm>.

## References

1. Evstafev I.N. Totalnyj risk-menedzhment M: Jeksmo, 2008. 208 p.
2. Emeljanov P.S., Halikov M.A. Sravnitelnyj analiz sovremennyh metodov ucheta zatrat na proizvodstvo promyshlennoj produkcii // Sovremennye aspekty jekonomiki. 2005. no. 11 (78). pp. 165–178.
3. Maksimov D.A., Halikov M.A. Metody ocenki i strategii obespechenija jekonomicheskoj bezopasnosti predprijatija M.:ZAO «Grif i K», 2012. 220 p.
4. Stupakov B.C., Tokarenko G.S. Risk-menedzhment M.: Finansy i statistika, 2005, 282 p.
5. Titovich A.A. Menedzhment riska i strahovanija: ucheb. posobie Minsk: Vysh. shk.,2008. 271 p.
6. Tjepman L.N. Riski v jekonomike: ucheb posobie dlja vuzov pod red. prof. V.A. Shvandera. M: JuNITI-DANA, 2002. 380 p.
7. Halikov M.A., Maksimov D.A. O prioritetnoj modeli rossijskoj jekonomiki. Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij, no. 4 M., 2015. pp. 309–310.
8. Halikov M.A., Maksimov D.A. Konceptija i teoreticheskie osnovy upravlenija proizvodstvennoj sferoj predprijatija v uslovijah neopredelennosti i riska // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij, no. 10 M., 2015 pp. 711–719.
9. Cherkasova V. Kompleksnyj podhod k upravleniju riskami «RISK», no. 2(370), 2005. pp. 35–38.
10. FMEA Analiz haraktera i posledstvij otkazov // Sajt «LA METROLOGIE EST QUALITE DES MEASSURES Statisticheskie metody analiza i upravlenija kachestvom». <http://www.metro-logie.ru/qualitymanagement-stat31.htm>.

УДК 330.542

## ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Байзулаев С.А., Шурдумова Э.Г., Волов М.А.**

*Кабардино-Балкарский государственный университет им Х.М. Бербекова,  
Нальчик, e-mail: ms.mira7662@mail.ru*

Приоритетное направление в комплексе антикризисных мероприятий отводится новому промышленному производству. Соответственно, потребуется и сместить акценты в экономической и промышленной политике, рассматривая в качестве главных игроков высокотехнологические компании. Обосновывается, что важнейшим фактором быстрой стабилизации экономического положения в нашей стране предложено считать развитие внутреннего спроса. Соответственно, основные инструменты управления должны быть ориентированы на поддержание потребительских расходов населения и инвестиционной активности хозяйственных субъектов. Обосновывается, что для поддержания современного состояния национальной экономики необходимо обеспечить устойчивый сбалансированный рост всех отраслей промышленного производства с целью более полного удовлетворения потребностей населения страны в современной, конкурентоспособной продукции. Поступательное развитие промышленных отраслей национальной экономики зависит от целого комплекса факторов, воздействующих на развитие предприятий через элементы производства, экономические отношения, другие инструменты и институты.

**Ключевые слова:** промышленность, устойчивое развитие, производство

## BASES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL PRODUCTION

**Bayzulaev S.A., Shurdumova E.G., Volov M.A.**

*Kabardino-Balkarian State University to them Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: ms.mira7662@mail.ru*

By the priority direction in a complex of anti-recessionary actions it is allocated for new industrial production. Respectively it will be required and to shift focus in economic and industrial policy, considering the high-tech companies as the main players. It is proved that as the most important factor of bystreysly stabilization of an economic situation in our country it is offered to consider development of the internal demand. Respectively, the main management tools shall be oriented to maintenance of consumer spendings of the population and investment activity of economic subjects. It is proved that for maintenance of the current state of national economy it is necessary to provide the strong balanced rise of all industries of industrial production for the purpose of more complete requirements satisfaction of the population of the country in modern, competitive products. Forward development of industrial industries of national economy depends on the whole complex of the factors influencing development of the entities through production elements, the economic relations, other tools and institutes.

**Keywords:** industry, sustainable development, production

Промышленность является ведущей отраслью народного хозяйства. Промышленность производит более половины продукции всего народного хозяйства, технически вооружает остальные отрасли и тем самым определяет уровень и темпы развития национальной экономики. Таким образом, тенденция и итоги развития промышленности определяют уровень и динамику развития всего народнохозяйственного комплекса страны. Характеризуя основные итоги развития промышленности, следует прежде всего отметить, что за годы первых довоенных пятилеток была осуществлена индустриализация страны. Созданы все отрасли промышленности, обеспечившие самостоятельное существование страны, заложен ее экономический потенциал и обороноспособность.

Низкий технический уровень производства, обусловленный в первую очередь недопустимо большим физическим износом

(более половины) и еще большим моральным износом (более 90%), не позволил производить качественную продукцию. Сравнительно низкое качество промышленной продукции явилось второй причиной ее неконкурентоспособности.

Отечественная промышленная продукция в рассматриваемый период была более чем на 90% неконкурентоспособна на мировом рынке. Она становилась все более неконкурентоспособной и на внутреннем рынке. В отдельные годы нынешнего переходного периода, в ряде индустриальных регионов, три четверти промышленных потребительских товаров и более половины продовольственных продуктов, реализуемых населению, были импортными.

Структура промышленного производства оказалась далеко в отрыве от запросов рынка, т.е. в конечном счете от потребителей. Модель хозяйствования и четко

ориентирующаяся на нее промышленность до середины 1980-х г. систематически наращивала объем производства вне зависимости от потребностей рынка и конкурентоспособности товаров. Распределительная система действовавшего хозяйственного механизма «распределяла» все произведенное. Убытки от ненужно произведенного и централизованно распределенного продукта компенсировались так же централизованно через государственный бюджет. В результате производство превратилось в самоцель, производство ради производства, производство любой ценой. Все это привело к неоправданному искривлению структуры самого промышленного производства.

В исследованиях, посвященных современной специфике воспроизводственных процессов, особое внимание уделяется изучению роли промышленности в экономике. Причем, если останавливаться на недавней истории российских реформ, речь о фактической деиндустриализации национальной экономики звучит каждый раз, когда начинаются кризисные явления [1, 2, 4, 6, 7]. Так было в 1998 и 2008 гг. Еще более жестко об этом заговорили в условиях нынешнего кризиса.

По сути дела, каждый последний кризис, какого бы происхождения он не был, сопровождался в нашей стране существенным спадом экономической активности и снижением курса национальной валюты, который впоследствии никогда не восстанавливался. В итоге самый серьезный ущерб несли домашние хозяйства населения, в которых значительно сокращались реальные доходы. Столь существенные последствия происходили, прежде всего, в силу чрезмерной зависимости от импорта готовой промышленной продукции, поскольку на сервисные сектора, которые находились преимущественно в стадии своего полноценного формирования, это оказывало гораздо меньшее влияние.

Поэтому все более часто и аргументированно делается упор на необходимость нового промышленного развития, потребность в котором была выделена в качестве одного из ведущих драйверов национального развития [3]. В качестве важнейшего фактора быстрой стабилизации экономического положения в нашей стране предложено считать развитие внутреннего спроса [5, 8, 9]. Соответственно, основные инструменты управления должны быть ориентированы на поддержание потребительских расходов

населения и инвестиционной активности хозяйственных субъектов.

Если первый компонент допускает практически все возможные варианты своей поддержки, то второй требует селективности и концентрации на приоритетных стратегических сегментах народного хозяйства.

В современных условиях, которые характеризуются существенными ограничениями в доступности банковских кредитов из-за запредельных процентных ставок, предлагается особо развивать инструменты и механизмы проектного финансирования, на основе чего следует расширять использование принципа многоканальности финансово-кредитной системы. Это поможет в значительной мере преодолеть сложившиеся ограничения бюджетного характера, которые стали выступать факторами не столько преодоления, сколько углубления начавшегося кризиса и потому подвергают существенной критике со стороны научной общественности.

При этом указанные проекты предлагается концентрировать не просто на обновлении основного капитала и производственного аппарата, а сфокусировать их на завершенных в воспроизводственном смысле технологических цепочках. Прежде всего таких, в которых системообразующую роль играют станкоинструментальная промышленность, электротехническая промышленность и приборостроение, а также вся совокупность имеющихся производств, связанных с электроникой и выпуском полного комплекта электронно-компонентных баз.

Таким образом, явный приоритет в комплексе антикризисных мероприятий отводится новому промышленному производству. Соответственно потребуются и сместить акценты в экономической и промышленной политике, рассматривая в качестве главных игроков высокотехнологические компании. Подобные производства, как правило, представлены компаниями и фирмами среднего масштаба, отличающимися повышенной мобильностью.

Во многом это обусловлено изменением в процессе общественного развития структуры национальных экономик, формированием новых видов экономической деятельности и новых форм социально-экономических отношений. В результате чего в настоящее время в обществе наблюдается все большее усиление позиций постиндустриальной цивилизации.

Однако при анализе воспроизводственных процессов наиболее развитых стран мира выделяются две основные тенденции, первая из которых выражается в увеличении наукоемкости материального производства, а вторая – в трансформации некоторых категорий товаров в услуги. На основе научного синтеза данных аспектов становится возможным сформировать концепцию, согласно которой развитие сферы услуг определяется научно-техническим прогрессом (НТП), разработкой и внедрением в производство инновационных технологий.

В результате обозначенных процессов в функциональном содержании промышленного производства происходит ряд качественных трансформаций, в том числе образование новых отраслей сферы услуг, ориентированных на обслуживание индустриального сектора экономики (транспортные, страховые и финансовые услуги, услуги в сфере науки и образования).

Техническое усложнение продукции обуславливает расширение промышленными предприятиями сети сервисных служб и центров по работе с клиентами, что в свою очередь определяет необходимость в переквалификации трудовых ресурсов. Все это в совокупности ведет к ускоренному увеличению доли сферы услуг в структуре занятости и производства ВВП.

Помимо этого, в постиндустриальную эпоху возникает парадокс, согласно которому в ряде случаев становится невозможным однозначное деление совокупности экономических благ на материальные и нематериальные. Так, в некоторых видах услуг в той или иной степени могут содержаться материальные компоненты. В результате оказания таких услуг создается новая или восстанавливается изначальная потребительская ценность материального блага. Причем основу данного типа услуг, как правило, составляют индивидуальные запросы потребителей.

Сегодня проблема устойчивого развития российской промышленности обостряется на фоне общемировых проблем: усиливающегося дефицита материально-сырьевых ресурсов; глобального потепления климата; деградации природной среды; международных конфликтов; дифференциации уровня жизни между бедным и богатым населением; увеличения масштабов бедности; продовольственного кризиса; распространения голода и др. Для ослабления или сведения к минимуму негативных последствий обозначенных процессов необходимо проведе-

ние комплексной работы как на макро-, так и на микроуровне [2].

Исходя из этого, для достижения устойчивого развития отраслей национальной экономической системы необходимо:

- сформировать производственную материально-техническую базу путем систематического увеличения доли основных фондов и особенно оборудования, отвечающего достижениям научно-технического прогресса. Нехватка высокопроизводительного оборудования на отечественных предприятиях препятствует эффективной комплексной переработке сырья, широкому внедрению безотходных и малоотходных технологий (в частности, технологии использования вторичных ресурсов для производства продукции). Также необходимо уделить внимание производству современных видов тароупаковочных материалов, обеспечивающих сохранность продукции;

- обеспечить развитие кооперации и интеграции путем формирования сложноорганизованных структур в процессе производства, транспортировки, переработки и реализации продукции. Согласно Гражданскому кодексу Российской Федерации в настоящее время наибольшее внимание должно уделяться развитию акционерных обществ и других организационно-правовых форм, обеспечивающих максимальную эффективность использования активов предприятий;

- оптимизировать процесс формирования рынка сырья и материальных ресурсов, затрагивающий широкий спектр острых проблем экономических отношений в ходе сбыта продукции товаропроизводителями, определения цен и формирования материально-технических ресурсов, а также определить роль государства в создании благоприятного финансово-кредитного климата. Также необходимо создать экономически обоснованную (в интересах государства и населения) систему рыночных отношений и продвижения продукции от производителя к конечному потребителю, обеспечивающую формирование рыночной инфраструктуры и создание эффективных каналов сбыта;

- обеспечить развитие внешнеэкономических отношений, механизма импортно-экспортных отношений, экономического регулирования импорта и экспорта важнейших сырьевых ресурсов, продукции, оборудования. За последние годы в России был ликвидирован весь экономический механизм по созданию равных условий

функционирования и взаимодействия отечественного производства с мировым рынком, что стало причиной формирования ограниченных условий функционирования отечественного промышленного комплекса, а также спада темпов производства продукции основных отраслей;

– разработать и внедрить новые ресурсосберегающие, экологически безопасные технологии путем создания и широкого внедрения в производство технологических процессов и техники, основу которых составляют современные прогрессивные и инновационные методы обработки и переработки традиционного и нетрадиционного сырья.

Между тем в настоящее время национальная промышленность испытывает сильное воздействие эндогенных и экзогенных факторов, отрицательным образом сказывающихся на возможности реализации мероприятий по повышению производственной устойчивости, перечисленных выше. В связи с чем высокую актуальность приобретает задача выявления данных факторов и их устранения.

Сокращение инвестиций в товарные запасы способствует еще большему снижению темпов сбыта и доходов субъектов экономической деятельности, а также объемов прибыли. В свою очередь это приводит к снижению ликвидности предприятий и их платежеспособности, а также увеличивает вероятность банкротства.

На экономическую и финансовую устойчивость влияет также политическая ситуация: состояние и динамика изменения законодательства, отношение государства к предпринимательской деятельности и собственности, система налогообложения и др.

Устойчивое развитие предприятий обеспечивается также и внутренними условиями, к которым относятся: устав и положение предприятия, регламентирующие процесс принятия управленческих решений различных форм хозяйствования и собственности; наличие или отсутствие элементов внутрихозяйственного расчета; формы организации и оплаты труда.

Рыночный успех предприятия в существенной мере определяется правильной организацией производства, предполагающей согласование деятельности макроэкономических институтов с микроэкономическим уровнем. Следовательно, преодоление негативных тенденций требует создания новых организационных структур на микроуров-

не, а также развития диверсифицированных экономических отношений.

В широком смысле развитие предприятий означает адаптацию процесса ведения экономики к изменяющимся условиям и внешним факторам. При этом происходит преобразование самой системы функционирования предприятия, включая маркетинг, менеджмент, производственную, финансовую, ценовую, денежно-кредитную, снабженческо-сбытовую политику и т.д. В связи с этим эффективное реформирование предприятия представляет собой изменение механизма устойчивого развития экономики с целью реструктуризации, способствующей улучшению управления, повышению гибкости производства и конкурентоспособности производимой продукции, роста производительности труда, снижения издержек производства и улучшения финансовых показателей предприятия.

В процессе реструктуризации должны определяться приоритетные направления обеспечения инвестиционной привлекательности предприятий, а также создания необходимых социальных условий работникам.

Реализация мероприятий по достижению устойчивости требует определенных финансовых ресурсов и инвестиций, направленных на развитие производственного потенциала. При этом рыночная адаптация как инвестиционный процесс является необходимым условием для перехода к экономическому росту.

Таким образом, становится видно, что формирование устойчивости развития промышленных отраслей национальной экономики зависит от целого комплекса факторов, воздействующих на развитие предприятий через элементы производства, экономические отношения, другие инструменты и институты. Между данными факторами существует тесная взаимосвязь, обуславливающая изменение одних факторов при трансформации других. В свою очередь, реализация экономических реформ в промышленности на базе реорганизованных предприятий обеспечивает возможность создания новых, отвечающих современным реалиям, организационно-правовых форм хозяйствования. Однако для их эффективного функционирования необходимо развитие организационно-экономического механизма функционирования национальной экономики, направленного на максимально эффективное использование ресурсного потенциала страны.

Для поддержания современного состояния национальной экономики необходимо обеспечить устойчивый сбалансированный рост всех отраслей промышленного производства с целью более полного удовлетворения потребностей населения страны в современной, конкурентоспособной продукции.

### Список литературы

1. Айларова З.А. Генезис становления и особенности проявления современного этапа развития «новой экономики» как экономики знаний // Вестник Северо-Осетинского государственного университета имени Коста Левановича Хетагурова. – 2011. – № 1. – С. 196–203.
2. Бурменко Т.Д. Современная экономика развитых стран в координатах различных определений // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права) (электронный журнал). – 2011. – № 6. – С. 1.
3. Нагоев А.Б., Филимонова Н.В. Прогнозирование и планирование как элементы системы управления промышленными предприятиями // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 3. – С. 197–201.
4. Нагоев А.Б. Проблемы формирования региональной экономической политики // Terra Economicus. – 2009. – Т. 7. – № 2–3. – С. 287–290.
5. Шурдумова Э.Г., Казиева Б.В., Нагоев А.Б. Стратегические методы управления экономикой региона // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–1. – С. 104–108.
6. Шурдумова Э.Г., нагоев А.Б. Современные направления антикризисной региональной политики // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – С. 450.
7. Кумышева М.М., Абаноква Э.Б., Нагоев А.Б. Кластерная политика как инструмент реализации эффективного управления промышленными предприятиями // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12–8. – С. 1703–1707.
8. Tatuev A.A., Nagoev A.B., Zhankaziev A.H., Rokotyanskaya V.V., Bondarenko L.V. Evaluation and prospects of the cluster model of industrial development // Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2015. – Т. 12. – № S2. – С. 591–600.

9. Tatuev A.A., Rokotyanskaya V.V., Nagoev A.B., Sarkisyants G.V., Nefedkina S.A. Investment processes as the foundation of economic growth // Mediterranean Journal of Social Sciences. – 2015. – Т. 6. – № 6. – С. 348–355.

### References

1. Ajlarova Z.A. Genezis stanovlenija i osobennosti javlenija sovremennogo jetapa razvitija «novoj jekonomiki» kak jekonomiki znanij // Vestnik Severo-Osetinskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Kosta Levanovicha Hetagurova. 2011. no. 1. pp. 196–203.
2. Burmenko T.D. Sovremennaja jekonomika razvityh stran v koordinatah razlichnyh opredelenij // Izvestija Irkutskoj gosudarstvennoj jekonomicheskoj akademii (Bajkalskij gosudarstvennyj universitet jekonomiki i prava) (jelektronnyj zhurnal). 2011. no. 6. pp. 1.
3. Nagoev A.B., Filimonova N.V. Prognozirovanie i planirovanie kak jelementy sistemy upravlenija promyshlennymi predpriyatijami // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 3. pp. 197–201.
4. Nagoev A.B. Problemy formirovanija regionalnoj jekonomicheskoj politiki // Terra Economicus. 2009. T. 7. no. 2–3. pp. 287–290.
5. Shurdumova Je.G., Kazieva B.V., Nagoev A.B. Strategicheskie metody upravlenija jekonomikoj regiona // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 2–1. pp. 104–108.
6. Shurdumova Je.G., nagoev A.B. Sovremennye napravlenija antikrizisnoj regionalnoj politiki // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2015. no. 1. pp. 450.
7. Kumysheva M.M., Abanokova Je.B., Nagoev A.B. Klasternaja politika kak instrument realizacii jeffektivnogo upravlenija promyshlennymi predpriyatijami // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 12–8. pp. 1703–1707.
8. Tatuev A.A., Nagoev A.B., Zhankaziev A.H., Rokotyanskaya V.V., Bondarenko L.V. Evaluation and prospects of the cluster model of industrial development // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. T. 12. no. S2. pp. 591–600.
9. Tatuev A.A., Rokotyanskaya V.V., Nagoev A.B., Sarkisyants G.V., Nefedkina S.A. Investment processes as the foundation of economic growth // Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. T. 6. no. 6. pp. 348–355.

УДК 330.342.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФИНИЦИЙ «ИННОВАЦИЯ» И «ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ»: ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД

<sup>1</sup>Горшкова Н.В., <sup>2</sup>Иванов В.Ю.

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»,  
Волгоград, e-mail: ivu.iwanov@yandex.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,  
Ростов-на-Дону, e-mail: ivu.iwanov@yandex.ru

Интерес к проблемам инноваций и инновационной деятельности в последнее время резко возрос, о чём свидетельствует постоянно увеличивающийся объем публикаций. Вместе с тем понятийный аппарат в сфере инновационного развития разработан далеко не полностью. Выводы исследователей относительно сущности инноваций неоднозначны, определение является многогранным, содержание многоаспектным. Для определения содержания понятия «инновация» авторами рассмотрены различные трактовки и систематизированы основные подходы к толкованию данного термина. Авторами аргументировано, что несмотря на некоторую дискуссионность определения феномена «инновация», среди определяющих его признаков выделяют: процесс, изменение, результат. Сделан вывод, что большинство исследований содержат толкования инновации с точки зрения результативного и процессного подходов. Интегрировав основные подходы к пониманию сущности инноваций и инновационной деятельности, осуществлена попытка авторского видения данных дефиниций.

**Ключевые слова:** изменение, инновация, инновационная деятельность, инновационное развитие, инновационная сфера, результат, процесс

## RESEARCH OF DEFINITIONS «INNOVATION» AND «INNOVATIVE ACTIVITY»: THEORETICAL APPROACH

<sup>1</sup>Gorshkova N.V., <sup>2</sup>Ivanov V.Yu.

<sup>1</sup>Volgograd State University, Volgograd, e-mail: ivu.iwanov@yandex.ru;

<sup>2</sup>Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: ivu.iwanov@yandex.ru

Interest in problems of innovations and innovative activities sharply increased recently about what witnesses constantly increasing amount of publications. At the same time, the conceptual framework in the sphere of innovative development is developed far not completely. Conclusions of researchers concerning essence of an innovation are ambiguous, determination is many-sided, content multidimensional. For determination of content of the concept «innovation», authors considered various treatments and the main approaches to interpretation of this term are systematized. By authors it is reasoned that despite some debatability of determination of a phenomenon «innovation», distinguish from the signs determining it: process, change, result. The conclusion is drawn that the majority of researches contain interpretation of an innovation from the point of view of the productive and process approach. Having integrated the main approaches to understanding of essence of innovations and innovative activities, the attempt of author's vision of these definitions is performed.

**Keywords:** change, innovation, innovative activities, innovative development, innovative sphere, result, process

В настоящее время в области инновационной сферы достаточно много научных трудов, посвященных изучению базовых понятий, и тем не менее выводы исследователей относительно сущности инноваций и инновационной деятельности неоднозначны.

Термин «инновация» происходит от латинского «novatio», означающее «обновление» (или «изменение») и приставки «in», которая переводится с латинского как «в направлении», если переводить дословно «Innovatio» – «в направлении изменений».

Впервые понятие «инновация» как предмет активного научного исследования появилось в XIX веке в области культурологии и определялось как внедрение элементов одной культуры в другую. Совершенство-

вание традиционных укладов жизни стало стимулом для анализа инноваций технического, технологического, организационного, экономического и других аспектов.

Австрийский экономист Й. Шумпетер стал первым ученым, отметившим экономическую значимость инноваций в развитии организаций. В работе «Теория экономического развития» инновация определена как средство преодоления экономических кризисов посредством внедрения новых технологий, продуктов, форм индустриальной организации. Согласно Й. Шумпетеру, инновация – это не усовершенствование, а существенная смена функции производимого, состоящая в новом соединении между собой средств производства [30].

Й. Шумпетер выделил пять изменений в развитии, связанных с инновациями:

- 1) введение новых товаров и услуг;
- 2) применение новых материалов и компонентов (новые источники сырья);
- 3) внедрение нового метода производства;
- 4) открытие новых рынков сбыта;
- 5) введение новых организационных форм.

Нововведения способствуют созданию новых конкурентных приемов, отличных от прежних ценовых форм конкуренции.

Определение Й. Шумпетера нельзя признать достаточно емким и исчерпывающим. Схожего мнения в понимании инноваций придерживаются такие западные ученые, как Э. Менсфилд, Р. Фостер, Б. Твисс, М. Портер, Р. Солоу [15, 29, 35, 33, 34].

Представителями неоклассической теории инноваций (М. Калецкий, Б. Твисс, Г. Менш) инновации обоснованы как главный импульс развития, исходящий от производства новых товаров потребления, методов их производства, транспортировки, организационных форм в промышленности, новых рынков [35, 16].

В соответствии с концепцией М. Калеcki, в границах цикла товарного обращения можно обеспечить постоянный экономический рост, однако импульсы, которые вызовут изменения в системе условий, могут «вывести» экономику из циклического развития и сделать ее в долгосрочной перспективе «скачкообразной». К таким импульсам автор относит инновации, которые стимулируют экономическое развитие, обеспечивают в долгосрочной перспективе сокращение продолжительности экономических спадов и удлиняют периоды подъемов.

Так, Б. Твисс под инновациями понимал процесс, в котором изобретение или новая идея приобретают экономическое содержание [35].

По мнению Г. Менша, в моменты, когда базисные нововведения исчерпывают свой потенциал, возникает ситуация «технологического пата», определяющая застой в экономическом развитии. Г. Менш считал, что промышленное развитие – это переход от одного технологического пата к другому. В результате появления базисных нововведений возникают новые предприятия, циклы развития которых оказываются взаимосвязанными [16].

Усиление роли научно-технического прогресса в 1980-х гг. как условия экономического развития стало импульсом дальнейших разработок зарубежных исследователей о содержании понятия «инновация».

Так, Т. Брайан, изучая термин «инновация», акцентировал внимание на новых знаниях в экономические результаты. На взгляд ученого, инновация – это процесс, в котором интеллектуальный товар (изобретение, ноу-хау или идея) приобретает экономическое содержание [2].

Схожим с определением Т. Брайана, но более развернутым является содержание понятия «инновация», предложенное Дж. Гросси [32]. По его мнению, это общественный, технический или экономический процесс, практическое использование идей и изобретений, которое приводит к созданию лучших по своим свойствам изделий, технологий, ориентировано на экономическую выгоду и охватывает весь спектр видов деятельности – от исследований и разработок до маркетинга. Ф. Бетс рассматривает инновации как введение новаций и новшеств разной степени новизны и радиуса действия в виде продуктов, технологий, рынков, отраслей хозяйств, сфер применения [31].

В «Руководстве Осло» (совместный методологический документ Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) в области инноваций) и Евроста), рекомендации которого используются в качестве международных статистических стандартов в области инноваций, инновации рассматриваются как вид деятельности, охватывающий все мероприятия (научные, технологические, организационные, финансовые, коммерческие, включая инвестиции в новые знания), которые фактически или по замыслу ведут к появлению технологически новых или усовершенствованных продуктов либо процессов [23].

Проведенный анализ изучения понятий «инновация» зарубежными учеными показал, что исходным моментом для определения их сущности является подход к рассмотрению инноваций как процесса, то есть превращения потенциального научно-технического прогресса в реальный, воплощающийся в новых продуктах и технологиях. На взгляд авторов, «инновация» и «инновационная деятельность» являются синонимами.

Если зарубежным экономистам при рассмотрении дефиниции «инновация» свойственен целостный подход к ее определению, то в отечественной литературе термин «инновация» не получило однозначной трактовки. Так, отсутствие единого взгляда обуславливает необходимость теоретического осмысления самого понятия «инновация».

внесения упорядоченности в используемую терминологию. Для определения содержания данного термина рассмотрим трактовки и систематизируем основные подходы к его толкованию. Различные представления авторов о сущности инноваций свидетельствуют о специфической концептуальной составляющей данного феномена.

*Первый подход основан на изучении инноваций как изменений.* Ф. Валента, рассматривая инновации, акцентирует внимание на изменения в первоначальной структуре производственного организма, т.е. переход внутренней структуры к новому состоянию» [3]. По мнению Л. Водачек и О. Водачкова, для инноваций характерно целевое изменение в функционировании предприятия как системы [6].

*Второй подход рассматривает инновации как процесс.* Н.И. Лапиным категория «инновация» рассмотрена с двух сторон: как комплексный процесс создания, распространения и использования нового практического средства для новой (или для лучшего удовлетворения уже известной) общественной потребности или как процесс сопряженных с инновацией изменений в той социальной и вещественной среде, в которой совершается его жизненный цикл [12].

А.Б. Титовым инновации представлены как процесс, в ходе которого научная идея доводится до стадии практического использования и начинает давать экономический эффект, то есть приобретает экономическое содержание [27].

Свое понимание категории «инновация» дал В.Г. Медынский. На взгляд автора, инновация – это общественный, технический, экономический прогресс, приводящий к созданию лучших по своим свойствам товаров (продукции, услуг) [14].

Так, по определению Ф. Бездудного, Г. Смирновой, О. Нечаева, инновация – это процесс реализации новой идеи в любой сфере жизни и деятельности человека, способствующей удовлетворению существующей потребности на рынке и приносящей экономический эффект [1].

*Третий подход связан с рассмотрением инновации как результата инновационной деятельности.* В данном контексте речь идет о появлении нового или усовершенствовании технологического процесса, а также продукта, внедренного на рынке.

Так, У.Е. Саудер и А.С. Нашар, следуя международным стандартам, определяют инновацию как результат деятельности, воплощенный в новые или усовершенство-

ванные продукты, востребуемые рынком, новые или усовершенствованные технологические процессы, используемые в практической деятельности, новые услуги и новые подходы к удовлетворению социальных потребностей [25].

На результативности также акцентирует внимание Р.А. Фатхутдинов, который считает, что инновация представлена как конечный результат внедрения новшества с целью изменения объекта управления и получения экономического, социального, экологического, научно-технического или другого вида эффекта [28].

С точки зрения результативного подхода инновации рассмотрены М.М. Шабановой, Д.В. Соколовым и А.Б. Титовым. Инновация – это итоговый результат создания и освоения (внедрения) принципиально нового или модифицированного средства (новшества), удовлетворяющий конкретные общественные потребности и дающий ряд эффектов (экономический, научно-технический, социальный, экологический) [27].

Объединив второй и третий подходы, Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ (ред. от 03.06.2016) определяет инновации как введенный в употребление новый или значительно улучшенный продукт (товар, услуга) или процесс, новый метод продаж или новый организационный метод в деловой практике, организации рабочих мест или во внешних связях [18].

Глоссарий большинства экономических и финансовых словарей и справочных пособий содержит толкования инновации с точки зрения результативного и процессного подходов. В современном экономическом словаре «инновация» – это нововведения в области техники, технологии, организации труда и управления, основанные на использовании достижений науки и передового опыта, а также использование этих новшеств в самых разных областях и сферах деятельности [21].

В справочном пособии «Инновационный менеджмент» инновации – это использование результатов научных исследований и разработок, направленных на совершенствование процесса деятельности производства, экономических, правовых и социальных отношений в области науки, культуры, образования и других сферах деятельности общества [10].

Определение сущности инновационной деятельности является необходимым, поскольку именно такая деятельность приводит к результату – созданию инноваций (таблица).

Анализ определений термина «инновационная деятельность»

Автор, документ	Содержание
Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике»	деятельность (включая научную, технологическую, организационную, финансовую и коммерческую деятельность), направленная на реализацию инновационных проектов, а также на создание инновационной инфраструктуры и обеспечение ее деятельности [18]
Васильев С.В.	процесс создания, освоения и распространения инноваций [4]
Дробышевская Л.Н. Тер-Саакян А.Г.	разработка принципиально новых и модификация уже выпускаемых продуктов, пользующихся спросом на рынке, путем доработки конструкций и применения новых технологических процессов с целью улучшения эксплуатационных параметров, снижения себестоимости изготовления, получения дополнительной прибыли [8]
Фатхутдинов Р.А.	процесс по стратегическому маркетингу, НИОКР, организационно-технологической подготовке производства, производству и оформлению новшеств, их внедрению (или превращению в инновацию) и распространению (диффузии) в другие сферы деятельности [28]
Сафронов И.В.	системный вид деятельности коллектива, направленный на реализацию в общественную практику нововведений на базе использования и внедрения новых научных знаний, идей, открытий и изобретений, а также существующих и апробированных наукоемких технологий, систем и оборудования [26]
Петухов Н.А.	комплекс научных, технологических, организационных, финансовых и коммерческих мероприятий, которые в совокупности приводят к инновациям [20]
Винокуров В.И.	совокупность научной, технологической, организационной, финансовой и коммерческой деятельности, направленной на создание и внедрение на рынке нового или усовершенствованного продукта, создание нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности, либо новой или усовершенствованной организационно-экономической формы, обеспечивающей необходимую экономическую и (или) общественную выгоду» [5]
Грибанов Д.В.	деятельность по созданию и реализации в различных сферах жизнедеятельности общества новых технологий [7]

В России также действует ряд нормативно-правовых документов, касающихся вопросов инновационной деятельности. Федеральный закон «Об инновационном центре “Сколково”», «Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года», «Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020» упоминают об инновационной деятельности в контексте инновационной инфраструктуры, инновационной системы, инновационного потенциала, инновационных проектах) [17, 11, 19]. В свою очередь, в данных документах отсутствует определение непосредственно самого понятия инновационной деятельности.

Анализ базовых терминов в инновационной сфере показал, что отечественная и зарубежная наука содержит различные подходы к их определению, каждый из которых вносит существенный вклад в теорию инновационного развития. Ученые вкладывают в эти дефиниции разный

смысл, концентрируя внимание на отдельных аспектах.

Весьма интересным является определение инновационной деятельности П. Друкера. Автор подчеркнул, «это особый инструмент, позволяющий предпринимателю использовать перемены и превращать их в новые возможности (для открытия нового бизнеса или оказания новых услуг). Предприниматель должен находиться в целенаправленном поиске источников инноваций, перемен и признаков, указывающих на возможности успешной инновационной деятельности. Он должен знать и применять на практике принципы успешной инновационной деятельности» [9]. В данном определении подчеркивается подход к определению инновационной деятельности как к *инструментальной категории*.

Рассмотренные трактовки инновационной деятельности по своему содержанию существенно не отличаются, а акцентируют внимание на основных условиях осуществления инновационной деятельности:

разработка идеи и ее реализация (новая услуга, новый продукт и т.д.). Инновационная деятельность представлена как совокупность научных, технологических, организационных, финансовых и коммерческих действий, в процессе которых реализуются мероприятия, направленные на создание новых или усовершенствование существующих продуктов, процессов и услуг, имеющих определенную ценность.

Изучение отечественной и зарубежной экономической литературы подтвердило наличие множества научных трудов, посвященных рассмотрению категории «инновации». Это свидетельствует, что выводы исследователей относительно сущности инновации неоднозначны, определение является многогранным, содержание многоаспектным.

Несмотря на некоторую дискуссионность определения феномена инновации, среди определяющих его признаков выделяют: процесс, изменение, результат. Поэтому можно сделать вывод, что концептуальной составляющей инновации являются изменения (в сфере организации деятельности хозяйствующих субъектов, разработке и усовершенствовании продуктов и услуг, создания и применения новых технологий и т.д.), являющиеся результатом в процессе осуществления инновационной деятельности.

### Список литературы

1. Бездудный Ф.Ф. Сущность понятия инновация и его классификация / Ф.Ф. Бездудный, Г.А. Смирнова, О.Д. Нечаева // Инновации. – 2003. – № 2–3.
2. Брайан Т. Управление научно-техническими нововведениями. – М.: Экономика, 1989. – 310 с.
3. Валента Ф. Творческая активность – инновации – эффект. – М.: Эксмо, 2008. – 400 с.
4. Васильев С.В. Правовые средства налогового стимулирования инновационной деятельности (монография). – М.: Офсет Принт, 2008. – 120 с.
5. Винокуров В.И. Основные термины и определения в сфере инноваций // Инновации. – 2005. – № 4. – С. 6–21.
6. Водачек Л. Стратегия управления инновациями / Л. Водачек, О. Водачков. – М.: Экономика, 1989. – 215 с.
7. Грибанов Д.В. Взаимодействие экономики и юриспруденции при исследовании проблем инновационной деятельности // Российский юридический журнал. – 2011. – № 1.
8. Дробышевская Л.Н. Совершенствование форм и методов управления инновационной деятельностью предприятий / Л.Н. Дробышевская, А.Г. Тер-Саакян // Экономика: теория и практика. – 2011. – № 3 (23). – С. 43.
9. Друкер Питер Ф. Бизнес и инновации: пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007.
10. Инновационный менеджмент: справ. пособие / под ред. П.Н. Завлина, А.К.Казанцева, Л.И. Миндели. – 2-е изд., переработ. и доп. – М.: ЦИСН, 1998. – 518 с.
11. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. // СПС Консультант Плюс.

12. Лапин Н.И. Теория и практика инноватики. – М.: Логос, 2008. – 328 с.

13. Логунова Н.А. Экономика и организация инновационной деятельности: учебн. пособие / Н.А. Логунова, Л.В. Алексахина, Н.А. Красовская. – К.: Кондор-Издательство, 2014. – 278 с.

14. Медынский В.Г. Инновационное предпринимательство. – М.: Экономика, 1997.

15. Менсфилд Э. Экономика научно-технического прогресса. – М.: Прогресс, 1970.

16. Менш Г. Базисные инновации и инновации совершенствования // Журнал экономики предприятия. – 1972. – № 42. – С. 291–297.

17. Об инновационном центре «Сколково». Федеральный закон от 28 сентября 2010 № 244-ФЗ (в ред. 29.06.2015) // СПС Консультант Плюс.

18. «О науке и государственной научно-технической политике». Федеральный закон от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ (ред.от 03.06.2016) // СПС Консультант Плюс.

19. Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. Распоряжение Правительства РФ от 08.12.2011 № 2227-р // СПС Консультант Плюс.

20. Петухов Н.А. Инновационная деятельность малых предприятий. Управление инновациями – 2010: материалы междунар. науч.-практ. конф. 15–17 ноября 2010 г. / под ред. Р.М. Нижегородцева. – М.: ЛЕНАНД, 2010. – С. 265–269.

21. Райзберг Б.А. Современный экономический словарь / Б.А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский, Е.Б. Стародубцева. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 495 с.

22. Романченко С. В. Новшества, нововведения, инновации: определения и сущность / С.В. Романченко // Молодой ученый. – 2012. – № 4. – С. 166–168.

23. Руководство Осло. – М.: ЦИНС, 2010. – 107 с.

24. Санто Б. Инновация как средство экономического развития: пер. с венг. – М.: Прогресс, 1990. – 296 с.

25. Саудер У.Е. Руководство по наилучшим методам трансфера технологий / У.Е. Саудер, А.С. Нашар // Управление инновациями. – М.: Дело-ЛТД, 1995.

26. Сафронов И.В. Новшества, нововведения, инновации: определения и сущность / И.В.Сафронов / И.В. Сафронов // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И.Вернадского. – 2008. – № 4(14) – С. 217–226.

27. Титов А.Б. О подходах к интеграции базовых участников национального инновационного процесса // Менеджмент в России и за рубежом. – 2008. – № 5. – С. 19–27.

28. Фатхутдинов Р.А. Инновационный менеджмент: учебник для вузов. – 5-е изд. – СПб.: Питер, 2005. – 448 с.

29. Фостер Р. Обновление производства: атакующие выигрывают. – М.: Прогресс, 1987.

30. Шумпетер Й. Теория экономического развития. – М.: Прогресс, 2005. – 298 с.

31. Betz F. Managing Technology: Competing through new Ventures, Innovation, and Corporate Research // Englewood Cliffs – N. J.: Prentice Hall, 1987.

32. Grossi G. Promoting Innovation in a Big Business // Long Range Planning. – 1990. – Vol. 23. – № 1. February. – P. 41–52.

33. Porter M. Competitiveness Advantage of Nation // Harvard Business Review. – March – April. – 1990.

34. Solow R. On Theories of Unemployment // American Economic Review. – 1980.

35. Twiss B.C. Managing technological innovation. – Pitman, 1992.

### References

1. Bezdudnyj F.F. Sushhnost ponjatija innovacija i ego klassifikacija / F.F. Bezdudnyj, G.A. Smirnova, O.D. Nechaeva // Innovacii. 2003. no. 2–3.

2. Brajan T. Upravljenje nauchno-tehnicheskimi novovvedenijami. M.: Jekonomika, 1989. 310 s.
3. Valenta F. Tvorcheskaja aktivnost innovacii jeffekt. M: Jeksmo, 2008. 400 p.
4. Vasilev S.V. Pravovye sredstva nalogovogo stimulirovanija innovacionnoj dejatelnosti (monografija). M: Ofset Print, 2008. 120 p.
5. Vinokurov, V.I. Osnovnye terminy i opredelenija v sfere innovacij / V.I. Vinokurov // Innovacii. 2005. no. 4. pp. 6–21.
6. Vodachek L. Strategija upravljenja innovacijami / L. Vodachek, O. Vodachkov // M.: Jekonomika. 1989. 215p.
7. Griбанov D.V. Vzaimodejstvie jekonomiki i jurisprudencii pri issledovanii problem innovacionnoj dejatelnosti // Rossijskij juridicheskij zhurnal. 2011. no. 1.
8. Drobyshevskaja, L.N. Sovershenstvovanie form i metodov upravljenja innovacionnoj dejatelnostju predpriyatij / L.N. Drobyshevskaja, A.G. Ter-Saakjan // Jekonomika: teorija i praktika. no. 3 (23). 2011. pp. 43.
9. Druker Piter F. Biznes i innovacii: Per. s angl. M.: OOO «I.D. Viljams», 2007.
10. Innovacionnyj menedzhment: Sprav. Posobie / pod red. P.N. Zavlina, A.K. Kazanceva, L.I. Mindeli. Izd. 2-e, pererabot. i dop. M., CISN, 1998. 518 p.
11. Konceptija dolgosrochnogo socialno-jekonomicheskogo razvitija Rossijskoj Federacii na period do 2020 g. // SPS Konsultant Pljus.
12. Lapin N.I. Teorija i praktika innovatiki. M.: Logos, 2008. 328 p.
13. Logunova N. A. Jekonomika i organizacija innovacionnoj dejatelnosti: uchebn. posobie / N A. Logunova, L.V. Aleksahina, N.A. Krasovskaja. K.: Kondor-Izdatelstvo, 2014. 278 p.
14. Medynskij, V.G. Innovacionnoe predprinimatelstvo. M.: Jekonomika, 1997.
15. Mensfeld Je. Jekonomika nauchno-tehnicheskogo progressa. M.: Progress, 1970.
16. Mensh G. Bazisnye innovacii i innovacii sovershenstvovanija // Zhurnal jekonomiki predpriyatija, 1972. no. 42. pp. 291–297.
17. Ob innovacionnom centre «Skolkovo». Federalnyj zakon ot 28 sentjabrja 2010 no. 244-FZ (v red. 29.06.2015) // SPS Konsultant Pljus.
18. «O nauke i gosudarstvennoj nauchno-tehnicheskopolitike». Federalnyj zakon ot 23 avgusta 1996 g. no. 127-FZ (red.ot 03.06.2016) // SPS Konsultant Pljus.
19. Ob utverzhdenii Strategii innovacionnogo razvitija Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda. Rasporjazhenie Pravitelstva RF ot 08.12.2011 no. 2227-r// SPS Konsultant Pljus.
20. Petuhov N.A. Innovacionnaja dejatelnost malyh predpriyatijah. Upravljenje innovacijami 2010: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 15-17 nojabrja 2010 g. / Pod red. R.M. Nizhegorodceva. M.: LENAND, 2010. pp. 265–269.
21. Rajzberg, B.A. Sovremennyj jekonomicheskij slovar / B.A. Rajzberg, L.Sh. Lozovskij, E.B. Starodubceva. 5-e izd., pererab. i dop. M.: INFRA-M, 2007. 495 p.
22. Romanchenko S. V. Novshestva, novovvedenija, innovacii: opredelenija i sushhnost / S.V. Romanchenko // Molodoj uchenyj. 2012. no. 4. pp. 166–168.
23. Rukovodstvo Oslo. M.: CINS, 2010. 107 p.
24. Santo B. Innovacija kak sredstvo jekonomicheskogo razvitija. Per. s veng. M.: Progress, 1990. 296 p.
25. Sauder U.E. Rukovodstvo po nailuchshim metodam transfera tehnologij / U.E. Sauder, A.S. Nashar // Upravljenje innovacijami. M.: Delo-LTD, 1995.
26. Safronov I.V. Novshestva, novovvedenija, innovacii: opredelenija i sushhnost I.V.Safronov / I.V. Safronov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet imeni V.I. Vernadskogo. 2008. no. 4(14) pp. 217–226.
27. Titov A.B. O podhodah k integracii bazovyh uchastnikov nacionalnogo innovacionnogo processa // Menedzhment v Rossii i za rubezhom. 2008. no. 5. pp. 19–27.
28. Fathutdinov R.A. Innovacionnyj menedzhment: Uchebnik dlja vuzov. 5-e izd. SPb.: Piter, 2005. 448 p.
29. Foster R. Obnovlenie proizvodstva: atakujushhie vyi-gryvajut. M.: Progress, 1987. pp. 35.
30. Shumpeter J. Teorija jekonomicheskogo razvitija. M.: «Progress», 2005. 298 p.
31. Betz F. Managing Technology: Competing through new Ventures, Innovation, and Corporate Research // Englewood Cliffs N. J.: Prentice Hall, 1987.
32. Grossi G. Promoting Innovation in a Big Business // Long Range Planning. 1990. Vol. 23. no. 1. February. P. 41–52.
33. Porter M. Competitiveness Advantage of Nation // Harvard Business Review. March April. 1990.
34. Solow R. On Theories of Unemployment // American Economic Review. 1980.
35. Twiss B.C. Managing technological innovation. Pitman, 1992.

## ДЕТАЛЬНЫЙ КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Демидько Е.В.

*Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, e-mail: evgdem@yandex.ru*

Выявление закономерностей развития социально-экономической системы региона является необходимым условием для разработки программы повышения качества жизни проживающего в нем населения. Одним из возможных подходов здесь может являться применение модели круговых потоков, позволяющих рассмотреть все существенные для социально-экономической системы региона элементы и факторы, их динамику: величины капитала и скорости его накопления, уровни выпуска конечной и промежуточной продукции, структуру себестоимости, спрос на товары конечного пользования и основные средства и т.д. В данной статье проводится детальный качественный анализ количественных результатов применения модели круговых потоков, который дает возможность говорить о некоторых идеальных условиях развития социально-экономической системы региона. Опираясь на указанные в статье концептуальные постулаты, можно оптимальным образом строить траекторию развития региона.

**Ключевые слова:** социально-экономическая система региона, моделирование, круговые потоки, бюджетная сфера, домашние хозяйства, корреляционный анализ, товары и услуги, основные фонды предприятия, спрос, предложение

## A DETAILED QUALITATIVE ANALYSIS OF THE SIMULATION RESULTS

Demidko E.V.

*Pacific National University, Khabarovsk, e-mail: evgdem@yandex.ru*

Identify patterns of development of socio-economic system of the region is a necessary condition for the development of the program of improving the quality of life of its inhabitants. One possible approach here might be the use of the model of the circular flow, allowing to consider all significant for the socio-economic system of the region elements and factors, their dynamics: the value of capital and the rate of its accumulation, the levels of production of final and intermediate products, the cost structure, the demand for end-use products and fixed assets, etc. This article presents a detailed qualitative analysis of the quantitative results of applying the model of the circular flow, which gives you the opportunity to talk about some ideal conditions for the development of socio-economic system of the region. Relying on the mentioned in the article the conceptual postulates, can be an optimal way to build the trajectory of the development of the region.

**Keywords:** the socio-economic system of the region, modeling, circular flows, public sector, households, correlation analysis, goods and services, basic foundations of the enterprise, demand, supply

Детальный анализ отдельных результатов моделирования круговых потоков региона, являющихся результатом единого исследования автора, отраженного последовательно в работах [1–9], начнем с определения сокращений используемых далее отдельных символов или терминов, обозначающих анализируемые субъекты, что необходимо для сокращения в тексте статьи повторяющихся наборов групп слов:

- ОФ Р – производители основных фондов, резиденты региона в регионе;
- ОФ НР – производители основных фондов, резиденты региона вне региона;
- ТУ Р – производители товаров и услуг, резиденты региона в регионе;
- ТУ НР – производители товаров и услуг, резиденты региона вне региона;
- БС – бюджетная сфера;
- ДХ – домашние хозяйства;
- ВП – валовые показатели региона;
- (+ /–) – положительная / отрицательная корреляция.

В качестве примера дальнейшего анализа приведем отдельно группу положительных корреляций, определяющихся стимулирующей функцией бюджетных расходов

1. Все валовые показатели региона с объемом начальных расходов бюджетной сферы.

2. Все активы бюджетной сферы с объемом ее текущих расходов, однако в отношении текущих средств на региональных и внешних счетах бюджетной сферы, а также наличных корреляционная связь нестабильна.

3. Текущие счета, наличные, всего активов домашних хозяйств с объемом начальных расходов бюджетной сферы, однако корреляционная связь здесь нестабильна.

Теперь перейдем непосредственно к детальному качественному анализу наиболее существенных количественных результатов круговых потоков социально-экономической системы региона (табл. 1–4 и комментарии к ним).

**Таблица 1**

Анализ единичных корреляций

Субъект	Корреляция (+ /-)	Качественный анализ
ТУ Р	Всего активов субъекта с процентом распределения профицита инвестирования его чистой прибыли на текущие счета в регионе (-)	Чем выше распределение на текущие счета, тем меньше инвестирование в основные фонды, что снижает потенциальный объем выпуска продукции субъектом и снижает уровень его доходов, а следовательно, и активов
ОФ НР	Основные фонды и всего активов субъекта с объемом спроса Вне региона на основные фонды (+)	Чем выше спрос на основные фонды, тем больше доход субъекта, что увеличивает его основные фонды и активы, к тому же высокий уровень основных фондов позволяет увеличивать объем производства
ОФ Р	Текущие средства на счетах и наличные субъекта с фондоотдачей субъекта (+)	Чем выше фондоотдача, тем более эффективно производство и тем больше доходов аккумулируется на счетах

**Таблица 2**

Анализ единичных корреляций, обусловленный особенностями построения модели

Субъект	Корреляция (+ /-)	Качественный анализ
ТУ НР	Основные фонды и всего активов субъекта с трансфертами из бюджетов высших уровней Бюджетной сфере (-), однако в отношении основных фондов корреляционная связь нестабильна	Данные корреляции определяются особенностями модели, так как размер трансфертов из бюджетов высших уровней рассчитывается исходя из разницы доходов и расходов бюджетной сферы: 1. Если доходы выше расходов, то в трансфертах нет необходимости. 2. Если доходы ниже, то трансферты необходимы. Таким образом, высокий объем доходов бюджетной сферы означает высокий экономический потенциал субъектов региона и его высокие валовые показатели, а значит, и высокий уровень активов: чем выше экономический потенциал и уровень активов субъектов региона, тем ниже трансферты
ТУ Р	Основные фонды субъекта с трансфертами из бюджетов высших уровней Бюджетной сфере (-)	
БС	Все активы субъекта с трансфертами из бюджетов высших уровней (-), но в отношении инвестиций в активы региона корреляционная связь нестабильна	
ВП	Все валовые показатели с трансфертами из бюджетов высших уровней Бюджетной сфере (-)	
ДХ	Все активы (за исключением имущества и инвестиций в активы региона) с трансфертами бюджетной сфере (-), однако для инвестиций в активы внешние корреляционная связь нестабильна	

Важный вывод, который можно сделать на основе анализа в табл. 1: чем выше объем производственных фондов субъекта и/или выше их фондоотдача, тем больше потенциального спроса может он удовлетворить, отвоевывая рынок основных фондов или товаров и услуг у конкурентов, не имеющих аналогичных преимуществ.

В табл. 2 приведены отдельные корреляции, обусловленные особенностями разработанной автором модели круговых потоков. Эти особенности связаны с таким исходным элементом алгоритма модели, как трансферт из бюджетов высших уровней, которые являются необходимыми для генерации всех ее расчетов.

**Таблица 3**

Анализ отдельных корреляций домашних хозяйств региона

Корреляция (+ /-)	Качественный анализ
Остаток наличных средств домашних хозяйств с их инвестициями (-)	Выбор между сбережениями или инвестициями
Всех активов домашних хозяйств (за исключением имущества) с объемом спроса Вне региона в целом и на основные фонды в частности (+)	Увеличение внешнего спроса ведет к увеличению доходов производителей и росту сумм заработных плат работников домашних хозяйств, субсидий из регионального бюджета, что увеличивает их активы

Следующие три отрицательные (–) корреляции требуют отдельного анализа, что обусловлено их, на первый взгляд, несоответствием общепринятым экономическим постулатам:

1. Все активы бюджетной сферы с объемом товаров и услуг в объеме спроса Вне региона.

2. Все активы домашних хозяйств (за исключением имущества) с объемом товаров и услуг в объеме спроса Вне региона.

3. Все валовые показатели региона с объемом товаров и услуг в объеме спроса Вне региона.

Согласно общепринятым экономическим реалиям увеличение спроса на товары и услуги в объеме спроса Вне региона должно, при прочих равных условиях, приводить к росту активов домашних хозяйств, бюджетной сферы и валовых показателей региона. Однако полученные в результате моделирования корреляции не подтверждают это правило. Для выявления причин данных отклонений проведем дополнительный

корреляционный анализ следующих параметров (табл. 4 и 5).

Результаты корреляционного анализа между указанными в табл. 4 параметрами приведены в табл. 5.

В табл. 5 в ячейках с темным фоном приведены корреляции внешнего для региона спроса на товары и услуги с другими показателями, приведенными в таблице. Корреляционные коэффициенты в данном случае показывают, что при одинаковом объеме внешнего спроса большая доля спроса на основные фонды увеличивает промежуточный спрос для производителей основных фондов, так как они имеют высокие с ним корреляционные связи, что, в свою очередь, увеличивает продукцию региона в целом. Таким образом, производство продукции основных фондов в регионе, при прочих равных условиях, представляется намного выгоднее с точки зрения вновь производимой экономической стоимости – это первый значимый вывод, полученный в результате данного исследования.

Таблица 4

Параметры для дополнительного корреляционного анализа

Параметр	Обозначение
Общий спрос Вне региона	ВНР
Спрос Вне региона на товары и услуги	ВНР <sub>ту</sub>
Спрос Вне региона на основные фонды	ВНР <sub>оф</sub>
Промежуточный продукт для производства основных фондов Резидентами региона в регионе	ПП для ОФ1
Промежуточный продукт для производства основных фондов Резидентами региона вне региона	ПП для ОФ2
Промежуточный продукт для производства основных фондов Нерезидентами региона в регионе	ПП для ОФ3
Объем производства основных фондов Резидентами региона в регионе	ОФ1
Объем производства основных фондов Резидентами региона вне региона	ОФ2
Объем производства основных фондов Нерезидентами региона в регионе	ОФ3
Объем производства основных фондов Нерезидентами региона вне региона	ОФ4

Таблица 5

Результаты дополнительного корреляционного анализа

	ВНР <sub>ту</sub>	ВНР <sub>оф</sub>	ПП для ОФ1	ПП для ОФ2	ПП для ОФ3	ОФ1	ОФ2	ОФ3	ОФ4
ВНР	0,56	0,84	0,39	0,43	0,71	0,43	0,49	0,81	0,53
	ВНР <sub>ту</sub>	0,01	–0,05	–0,02	0,07	–0,08	–0,04	0,12	0,39
		ВНР <sub>оф</sub>	0,50	0,53	0,82	0,57	0,62	0,90	0,38
			ПП для ОФ1	0,29	0,29	0,84	0,33	0,30	0,22
				ПП для ОФ2	0,34	0,32	0,85	0,33	0,23
					ПП для ОФ3	0,30	0,39	0,90	0,39

Еще одной важной парой полученных количественных корреляций, требующих дополнительного анализа, являются:

1. Текущие счета, наличные, всего активов домашних хозяйств с зарплатой жителям региона от Резидентов региона вне региона (производителей товаров и услуг) (-), однако корреляционная связь здесь нестабильна.

2. Текущие счета и наличные бюджетной сферы с зарплатой жителям региона от Резидентов региона вне региона (производителей товаров и услуг) (-), однако корреляционная связь здесь нестабильна.

Суть их определяется соотношениями сумм выплат зарплат предприятиями одного региона работникам другого региона и наоборот. Это может создавать дополнительный спрос в регионах с превосходящими поступлениями заработных плат из других регионов, что, в свою очередь, увеличивает импорт, в том числе и из-за низкого уровня реализации регионального национального предложения товаров и услуг и основных фондов. Однако при компетентной научно-технической, промышленной и инфраструктурной политике регионы могут нивелировать этот фактор, поставляя, например, сложную машиностроительную продукцию или технологические комплексы, тем самым компенсируя импорт, что как раз и показывает нестабильность корреляционной связи рассматриваемых параметров.

В целом, основываясь на проведенном выше детальном корреляционном анализе исходных факторов условий и модели круговых потоков социально-экономической системы региона, а также учитывая результаты корреляционного анализа других элементов, не включенных в данную статью, можно концептуально представить систему развития социально-экономической системы региона в виде нескольких основополагающих постулатов:

1. При одинаковом объеме спроса вне региона, большая доля в его спросе на основные фонды увеличивает промежуточный спрос для всех резидентов региона (производителей товаров и услуг и основных фондов). Таким образом, производство основных фондов в регионе, при прочих равных условиях, представляется выгоднее с точки зрения производства товаров и услуг.

2. Расходы бюджетной сферы обладают стимулирующей функцией для валовых показателей и активов субъектов региона.

3. Увеличение внешнего спроса ведет к частичному повышению спроса на про-

дукцию Резидентов региона и росту их производства, что увеличивает поступления налогов и сборов в бюджет региона, увеличивая его активы.

4. Скрытые доходы не включаются в экономические показатели региона, и чем их доля больше, тем меньше данные показатели у региона и тем более он может считаться ущербным, вне зависимости от реальных показателей.

5. Чем больше фондоотдача субъекта, тем меньше необходимо основных фондов, что способствует снижению затрат на инвестиции в основные фонды и тем более эффективно предприятие по захвату доли рынка в сегментах своей продукции.

6. Чем выше объем производственных фондов субъекта и/или выше их фондоотдача, тем больше потенциального спроса может он удовлетворить, отвоевывая рынок основных фондов или товаров и услуг у конкурентов, не имеющих аналогичных преимуществ.

7. Непропорциональность соотношений сумм выплат зарплат предприятиями одного региона работникам другого региона может создавать дополнительный спрос в регионах с превосходящими поступлениями заработных плат из других регионов. Это, в свою очередь, увеличивает импорт, в том числе и из-за низкого уровня реализации регионального национального предложения товаров и услуг и основных фондов. Однако при компетентной научно-технической, промышленной и инфраструктурной политике регионы могут нивелировать этот фактор, поставляя, например, сложную машиностроительную продукцию или технологические комплексы, тем самым компенсируя импорт, что как раз и показывает нестабильность корреляционной связи рассматриваемых параметров.

8. Приток заработной платы из других регионов или от Нерезидентов в регионе снижает, при прочих равных условиях, реализации регионального национального предложения товаров и услуг и основных фондов.

9. С одной стороны, выплата зарплаты жителям региона от Нерезидентов региона в регионе (производителей основных фондов) повышает их доход и, следовательно, активы домашних хозяйств, тем более, как уже было ранее показано, производство основных фондов продуцирует дополнительный промежуточный спрос на комплектующие сырье и материалы (товары и услуги). Однако по сути производство Нерезидента

на территории резидента является аналогом импорта, что ограничивает рынок сбыта для продукции Резидентов региона, снижая потенциал развития экономической системы региона. Именно поэтому, несмотря на все, казалось бы, положительные факторы данная корреляционная связь отрицательная, хотя и нестабильна.

Для более наглядного анализа основополагающих постулатов (за исключением постулатов 3, 4 и 5 ввиду их очевидности) рассмотрим некоторые из них в виде системы формул. В формулах (1) и (2) приведены составляющие спроса и предложения на основные фонды, а также товары и услуги:

$$\begin{aligned} (\sum \text{спрОФ} + \sum \text{спрТУ}) = & (\text{спрВНРОФ} + \text{спрДХОФ} + \text{спрБСОФ}) + \\ & + (\text{спрВНРТУ} + \text{спрДХТУ} + \text{спрБСТУ}) + (\text{исРвРОФ} + \text{исНРвРОФ} + \\ & + \text{исРвнеРОФ} + \text{исРвРТУ} + \text{исНРвРТУ} + \text{исРвнеРТУ}) + \\ & + (\text{псРвРОФ} + \text{псНРвРОФ} + \text{псРвнеРОФ} + \text{псРвРТУ} + \text{псНРвРТУ} + \text{псРвнеРТУ}). \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь выделены следующие группы субъектов:

–  $(\sum \text{спрОФ} + \sum \text{спрТУ})$  – суммарный спрос на основные фонды и товары и услуги соответственно;

–  $(\text{спрВНРОФ} + \text{спрДХОФ} + \text{спрБСОФ})$  и  $(\text{спрВНРТУ} + \text{спрДХТУ} + \text{спрБСТУ})$  – субъекты, определяющие соответствующий конечный спрос на основные фонды/товары и услуги субъекты: вне региона, домашние хозяйства и бюджетная сфера;

–  $(\text{исРвРОФ} + \text{исНРвРОФ} + \text{исРвнеРОФ} + \text{исРвРТУ} + \text{исНРвРТУ} + \text{исРвнеРТУ})$  – инвестиционный спрос субъектов на основные фонды производителей основных фондов и товаров и услуг: РвР – резиденты региона в регионе, НРвР – нерезиденты региона в регионе, РвнеР – резиденты региона вне региона;

–  $(\text{псРвРОФ} + \text{псНРвРОФ} + \text{псРвнеРОФ} + \text{псРвРТУ} + \text{псНРвРТУ} + \text{псРвнеРТУ})$  – промежуточный спрос субъектов на товары и услуги производителей основных фондов и товаров и услуг: РвР – резиденты региона в регионе, НРвР – нерезиденты региона в регионе, РвнеР – резиденты региона вне региона.

$$\begin{aligned} (\sum \text{прдОФ} + \sum \text{прдТУ}) = & (\text{прдРвРОФ} + \text{прдНРвРОФ} + \text{прдРвнеРОФ} + \text{прдНРвнеРОФ} + \\ & + \text{прдРвРТУ} + \text{прдНРвРТУ} + \text{прдРвнеРТУ} + \text{прдНРвнеРТУ}). \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь выделены следующие группы субъектов:

–  $(\sum \text{прдОФ} + \sum \text{прдТУ})$  – определяющие суммарное предложение на основные фонды и товары и услуги соответственно;

–  $(\text{прдРвРОФ} + \text{прдНРвРОФ} + \text{прдРвнеРОФ} + \text{прдНРвнеРОФ} + \text{прдРвРТУ} + \text{прдНРвРТУ} + \text{прдРвнеРТУ} + \text{прдНРвнеРТУ})$  – производители основных фондов и товаров и услуг и основных фондов: РвР – резиденты региона в регионе, НРвР – нерезиденты региона в регионе, РвнеР – резиденты региона вне региона, НРвнеР – нерезиденты региона вне региона.

На основе компонентов формул (1) и (2) составим совокупность основных идеальных условий (1)–(4) развития социально-экономической системы региона:

1.  $(\text{спрВНРОФ} + \text{спрДХОФ} + \text{спрБСОФ}) + (\text{исРвРОФ} + \text{исНРвРОФ} + \text{исРвнеРОФ} + \text{исРвРТУ} + \text{исНРвРТУ} + \text{исРвнеРТУ}) - (\text{прдРвРОФ} + \text{прдРвнеРОФ}) \approx 0$ .

2.  $(\text{спрДХТУ} + \text{спрБСТУ} + \text{спрВНРТУ}) + (\text{псРвРОФ} + \text{псНРвРОФ} + \text{псРвнеРОФ} + \text{псРвРТУ} + \text{псНРвРТУ} + \text{псРвнеРТУ}) - (\text{прдРвРТУ} + \text{прдРвнеРТУ}) \approx 0$ .

3.  $\text{ОФРвРОФ} = \text{прибРвРОФ} + \text{ОФРвРОФ}$  and  $\text{ОФРвнеРОФ} = \text{прибРвнеРОФ} + \text{ОФРвнеРОФ}$  and  $\text{ОФРвРТУ} = \text{прибРвРТУ} + \text{ОФРвРТУ}$  and  $\text{ОФРвнеРТУ} = \text{прибРвнеРТУ} + \text{ОФРвнеРТУ}$ .

$$\begin{aligned} 4. \sum (\text{зарплжрНРвРОФ} + \text{зарплжрНРвРТУ} + \\ + \text{зарплжрРвнеРОФ} + \text{зарплжрРвнеРТУ}) \approx 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь выделены следующие новые группы элементов (п. 3 и 4):

– ОФРвРОФ и прибрвРОФ – основные фонды Резидентов региона в регионе производителей основных фондов и прибыль Резидентов региона в регионе производителей основных фондов;

– ОФРвнеРОФ и прибрвнеРОФ – основные фонды Резидентов региона вне региона производителей основных фондов и прибыль Резидентов региона вне региона производителей основных фондов;

– ОФРвРТУ и прибрвРТУ – основные фонды Резидентов региона в регионе производителей товаров и услуг и прибыль Резидентов региона в регионе производителей товаров и услуг;

– ОФРвнеРТУ и прибрвнеРТУ – основные фонды Резидентов региона вне региона производителей товаров и услуг и прибыль Резидентов региона вне региона производителей товаров и услуг;

– зарплжрНРвРОФ – заработная плата жителям региона от Нерезидентов региона в регионе производителей основных фондов;

– зарплжрНРвРТУ – заработная плата жителям региона от Нерезидентов региона в регионе производителей товаров и услуг;

– зарплжрРвнеРОФ – заработная плата жителям региона от Резидентов региона вне региона производителей основных фондов;

– зарплжрРвнеРТУ – заработная плата жителям региона от Резидентов региона вне региона производителей товаров и услуг.

Условие (3) непосредственно связано с концептуальными постулатами (6) и (7), при этом инвестиции в основные фонды предполагают не просто их увеличение балансовой стоимости, а акцент должен быть направлен на повышение эффективности и результативности их эксплуатации, за счет их качественной модернизации и повышения квалификации персонала.

Условие (4) непосредственно связано с концептуальными постулатами с (8)–(10).

Для валидации сделанных в данной статье выводов в следующей статье будет проведен анализ данных по регионам России, представленных в статистической отчетности Федеральной службы государственной статистики РФ.

#### Список литературы

1. Демидко Е.В. Социально-экономическая система региона: сущность и структура // *European Social Science Journal*. – 2014. – № 6, Т. 3. – С. 424–431.
2. Демидко Е.В. Социально-экономическая система региона: рост и развитие // *European Social Science Journal*. – 2014. – № 8, Т. 1. – С. 456–431.
3. Демидко Е.В. Качество жизни как цель и интегральный показатель уровня развития социально-экономической системы региона // *Управление экономическими системами*: электронный научный журнал. – 2015. – № 6; <http://uecs.ru/regionalnaya-ekonomika/item/3601-2015-06-24-08-53-12>.

электронный научный журнал. – 2015. – № 6; <http://uecs.ru/regionalnaya-ekonomika/item/3601-2015-06-24-08-53-12>.

4. Демидко Е.В. Выбор метода для исследования закономерностей развития социально-экономической системы региона // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 9–8. – С. 1790–1794.

5. Демидко Е.В. Круговые потоки как инструмент исследования социально-экономической системы региона // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 6–3. – С. 566–575.

6. Демидко Е.В. Модель круговых потоков для структурно-динамического исследования закономерностей развития социально-экономической системы региона // *Управление экономическими системами*. – 2014. – № 12. – <http://uecs.ru/regionalnaya-ekonomika/item/3212-2014-12-08-07-16-35>.

7. Демидко Е.В. Обоснование диапазонов вариации основных переменных модели круговых потоков для структурно-динамического исследования закономерностей развития социально-экономической системы региона // *Управление экономическими системами*. – 2015. – № 3. – <http://uecs.ru/regionalnaya-ekonomika/item/3397-2015-03-11-08-21-07>.

8. Демидко Е.В. Количественные результаты моделирования круговых потоков социально-экономической системы региона // *Управление экономическими системами*. – 2015. – № 11. – <http://uecs.ru/regionalnaya-ekonomika/item/3841-2015-11-30-07-17-54>.

9. Демидко Е.В. Качественные результаты моделирования круговых потоков социально-экономической системы региона // *Управление экономическими системами*. – 2015. – № 11. – <http://uecs.ru/regionalnaya-ekonomika/item/3840-2015-11-30-07-08-36>.

#### References

1. Demidko E.V. Socialno-jekonomicheskaja sistema regiona: sushhnost i struktura // *European Social Science Journal*. 2014. no. 6, T. 3. pp. 424–431.
2. Demidko E.V. Socialno-jekonomicheskaja sistema regiona: rost i razvitie // *European Social Science Journal*. 2014. no. 8, T. 1. pp. 456–431.
3. Demidko E.V. Kachestvo zhizni kak cel i integralnyj pokazatel urovnja razvitija socialno-jekonomicheskoy sistemy regiona // *Upravlenie jekonomicheskimi sistemami: jelektronnyj nauchnyj zhurnal*. 2015. no. 6; <http://uecs.ru/regionalnaya-ekonomika/item/3601-2015-06-24-08-53-12>.
4. Demidko E.V. Vybora metoda dlja issledovaniya zakonornostej razvitija socialno-jekonomicheskoy sistemy regiona // *Fundamentalnye issledovaniya*. 2014. no. 9–8. pp. 1790–1794.
5. Demidko E.V. Krugovye potoki kak instrument issledovaniya socialno-jekonomicheskoy sistemy regiona // *Fundamentalnye issledovaniya*. 2015. no. 6–3. pp. 566–575.
6. Demidko E.V. Model krugovyh potokov dlja strukturalno-dinamicheskogo issledovaniya zakonornostej razvitija socialno-jekonomicheskoy sistemy regiona // *Upravlenie jekonomicheskimi sistemami*. 2014. no. 12. <http://uecs.ru/regionalnaya-ekonomika/item/3212-2014-12-08-07-16-35>.
7. Demidko E.V. Obosnovanie diapazonov variacii osnovnyh peremennyh modeli krugovyh potokov dlja strukturalno-dinamicheskogo issledovaniya zakonornostej razvitija socialno-jekonomicheskoy sistemy regiona // *Upravlenie jekonomicheskimi sistemami*. 2015. no. 3. <http://uecs.ru/regionalnaya-ekonomika/item/3397-2015-03-11-08-21-07>.
8. Demidko E.V. Kolichestvennye rezultaty modelirovaniya krugovyh potokov socialno-jekonomicheskoy sistemy regiona // *Upravlenie jekonomicheskimi sistemami*. 2015. no. 11. <http://uecs.ru/regionalnaya-ekonomika/item/3841-2015-11-30-07-17-54>.
9. Demidko E.V. Kachestvennye rezultaty modelirovaniya krugovyh potokov socialno-jekonomicheskoy sistemy regiona // *Upravlenie jekonomicheskimi sistemami*. 2015. no. 11. <http://uecs.ru/regionalnaya-ekonomika/item/3840-2015-11-30-07-08-36>.

УДК 330.43

## МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

**Исмиханов З.Н., Магомедбеков Г.У.**

*ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»,  
Махачкала, e-mail: zaur\_7979@mail.ru*

В работе предлагается решить задачу анализа и прогнозирования динамики основных показателей социально-экономического развития Республики Дагестан на основе построения трендовых моделей. Проведено прогнозирование различных макроэкономических показателей развития республики Дагестан на основе построенных моделей. Использован метод экстраполяции, т.е. продление на будущее тенденции во временных рядах, наблюдавшейся в прошлом. Это позволило провести прогнозные расчеты на 2016, 2017 и 2018 гг. основных социально-экономических показателей развития экономической и социальной сферы республики. Построенные трендовые модели проверены на адекватность и обладают соответствующими статистическими характеристиками (значимость коэффициентов регрессии, скорректированный коэффициент детерминации и др.) для прогнозирования на краткосрочную перспективу. Применение моделей позволит выявить основные тенденции динамики показателей развития региона и планировать решение основных макроэкономических задач.

**Ключевые слова:** прогнозирование, моделирование, трендовая модель, доверительный интервал прогноза

## MODELS FOR FORECASTING SOCIAL AND ECONOMIC INDICATORS DEVELOPMENT OF THE REGION

**Ismikhanov Z.N., Magomedbekov G.U.**

*Dagestan State University, Makhachkala, e-mail: zaur\_7979@mail.ru*

We propose to solve the problem analysis and forecasting of the dynamics of the main indicators of socio-economic development of the Republic of Dagestan on the basis of econometric models. A forecasting of macroeconomic indicators of the Republic of Dagestan on the basis of constructed models. The method of extrapolation, i.e. on the extension of the future trends in the time series observed in the past. It is possible to carry out predictive calculations for 2015, 2016 and 2017 the main socio-economic indicators of the economic and social sphere of the republic. Built trend models tested for adequacy and possess relevant statistical characteristics (the significance of the regression coefficients, adjusted coefficient of determination, etc.) to predict in the short term. The use of models will identify the main trends in development indicators in the region and plan the solution of key macroeconomic objectives.

**Keywords:** forecasting, modeling, trend model, the confidence interval of the forecast

Для всестороннего анализа и прогнозирования перспектив развития используются экономико-математические модели, которые различаются целями и принципами построения, способами функционирования и степенью агрегации показателей. В условиях рыночной экономики применение экономико-математических моделей в целях прогнозирования сложных статистических совокупностей становится актуальным, поскольку инструмент, применяемый для анализа, адекватен анализируемому объекту – рыночной экономике [8].

Учитывая актуальность обозначенной проблемы, нами определена цель исследования – построение трендовых моделей динамики основных социально-экономических показателей развития Республики Дагестан и проведение на их основе прогнозных расчетов.

Прогнозирование социально-экономического развития региона – предвидение будущего состояния экономики и социальной сферы, составная часть государственного регулирования экономики, призванная определять направления развития регионального комплекса и его структурных составляющих. Результаты прогнозных расчетов используются государственными органами для обоснования социально-экономической политики правительства. В состав прогноза социально-экономического развития региона входят набор частных прогнозов, отражающих будущее отдельных сторон жизни общества, и комплексный экономический прогноз, отражающий в обобщенной форме развитие экономики и социальной сферы региона.

В теории и практике прогнозирования накоплен значительный набор различных

методов, которых более сотни. Но, как считают некоторые ученые, на практике используются лишь 15–20 методов [5].

Методы прогнозирования непрерывно обогащаются и совершенствуются. В экономической литературе представлено их большое разнообразие. Так, исследователи [1] говорят, что все многообразие методов прогнозирования основано на двух подходах – эвристическом и математическом. Эвристические методы базируются на использовании явлений или процессов, не поддающихся формализации. Среди математических методов прогнозирования в особую группу выделяются методы экстраполяции, которые отличаются простотой, наглядностью и легко реализуются средствами современной вычислительной техники [1].

В научной литературе можно найти достаточное количество исследований, посвященных применению методов математического моделирования в прогнозировании различных показателей социально-экономического развития региона.

Работы посвящены проблемам моделирования и прогнозирования аграрного производства региона [7], моделирования временных рядов и построения многофакторных моделей объемов налоговых поступлений [2, 4].

Можно также отметить работы, посвященные применению когнитивного моделирования в факторном анализе социально-экономического развития региона (на материалах Республики Дагестан) [4].

**Построение трендовых моделей и прогнозирование на их основе динамики социально-экономических показателей**

Анализ и прогнозирование социально-экономических процессов Республики Дагестан в настоящее время является актуальной задачей. Как известно, в республике реализуется Стратегия социально-экономического развития Республики Дагестан до 2025 г. [6]. Целью стратегии является выявление и раскрытие ключевых проблем, определение системы долгосрочных целей, обоснование приоритетных направлений и задач развития экономики и социальной сферы Республики Дагестан на период до 2025 г. В этой связи прогнозирование основных показателей развития экономики республики, основанное на применении формализованных методов, позволит выявить основные тенденции динамики этих показателей и планировать решение ос-

новных макроэкономических задач. Нами были проанализированы ежегодные отчеты о ходе реализации задач, стоящих в рамках данной стратегии. Проведенный ситуационный анализ в республике позволил сформировать набор факторов, характеризующих экономические, политические и др. процессы, протекающие в регионе и в его макроокружении и влияющих на его развитие. Этот набор факторов лег в основу построенных трендовых моделей прогнозирования развития республики (табл. 1).

Цель создания трендовых моделей – на их основе сделать прогноз о развитии изучаемого процесса (динамики развития социальной и экономической сферы Республики Дагестан 1997–2015 гг.) на предстоящий период времени (2016–2018 гг.).

Прогнозирование на основе временного ряда относится к одномерным методам прогнозирования, базирующимся на экстраполяции, т.е. на продлении на будущее тенденции, наблюдавшейся в прошлом. При таком подходе предполагается, что прогнозируемый показатель формируется под воздействием большого количества факторов, выделить которые очень сложно ввиду неопределенности и противоречивости информации. В этом случае ход изменения данного показателя связывают не с факторами, а с течением времени, что проявляется в образовании одномерных временных рядов [8].

Таким образом, построенные нами трендовые модели для прогнозирования динамики экономики Республики Дагестан основаны на предположении о том, что в ближайшей перспективе тенденция, которая была характерна для экономики региона в прошлом, сохранится и в будущем (до 2017 г.).

В табл. 2 нами построены аналитические функции, характеризующие зависимость уровней рядов социально-экономических показателей Республики Дагестан за период с 1997 по 2015 г. Они являются одним из распространенных способов моделирования тенденции временных рядов. Поскольку зависимость от времени может принимать разные формы, для ее формализации нами использованы различные виды функций: линейный тренд, тренд в форме степенной функции, парабола второго и третьего порядков.

Для выявления наилучшего уравнения прогнозирования были определены параметры основных видов трендов. В результате сравнительной оценки параметров для различных функций одного и того же временного ряда нами определены модели, обладающие лучшими статистическими свойствами.

Таблица 1

Динамика основных социально-экономических показателей Республики Дагестан с 1997 г. по 2015 г. (в % к 1995 г.)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Инвестиции в основной капитал	100	83,1	64,7	52,6	44,7	48,2	55,2	60,3	69,0	78,3	111,3	138,1	173,5	231,3	275,9	305,0	336,2	364,8	399,8	431,7
Инвестиции в промышленность	100	119,3	123,7	137,1	143,1	145,8	157,8	169,3	173,5	192,2	213,1	268,8	335,8	349,7	361,1	373,2	392,7	432,7	498,5	568,7
Инвестиции в с/х	100	96,8	89,6	68,9	96,5	105,8	120,3	132,8	141,8	153,1	164,1	177,9	188,1	203,2	219,0	237,7	258,9	284,2	319,8	399,7
Объем промышленного производства	100	90,4	86,1	81,3	90,1	108,2	130,3	151,6	161,2	203,9	240,6	288,5	313,0	326,5	337,9	317,0	293,5	295,0	443,6	564,4
Объем с/х производства	100	93,3	87,9	84,0	89,6	95,9	114,5	122,7	138,2	151,2	164,7	174,0	182,9	190,2	197,8	205,6	218,4	225,3	240,7	271,9
Валовой региональный продукт	100	98,0	95,9	93,7	99,8	105,7	126,2	140,2	159,8	183,6	201,4	223,7	261,5	294,7	321,0	332,5	359,1	375,6	395,2	434,7
Доходы населения	100	102,9	104,3	114,1	133,8	164,7	191,0	241,2	303,4	348,2	427,6	472,6	555,3	647,5	730,4	793,2	836,1	899,6	893,3	935,8
Строительство	100	87,9	77,9	83,1	96,8	124,3	144,2	166,3	185,2	217,1	288,9	364,1	410,8	532,0	612,9	669,2	711,4	773,3	839,8	887,1
Платные услуги населению	100	113,8	135,3	150,5	169,8	202,4	226,5	254,3	295,3	358,1	512,7	644,5	675,1	786,5	873,8	937,6	926,3	955,0	985,6	998,5
Оборот торговли	100	111,1	137,8	152,9	164,5	169,2	180,2	227,6	294,0	394,2	522,5	654,0	682,2	712,5	756,9	794,7	809,8	854,4	916,8	999,7
Объем налоговых поступлений	100	101,6	149,6	162,8	186,3	192,1	216,5	250,3	269,8	281,4	312,4	336,0	375,1	426,3	497,0	517,3	580,4	750,6	903,2	986,2
Доходы бюджета	100	122,9	140,6	167,1	177,8	190,9	214,9	256,6	257,9	263,5	271,2	306,0	348,3	408,8	496,5	479,8	553,4	654,5	734,1	849,2
Численность безработных	100	104,2	107,1	119,3	125,4	137,6	140,3	151,5	152,7	160,1	154,1	145,2	142,4	129,8	126,4	115,5	99,1	87,9	77,2	79,2
Численность населения	100	102,2	103,8	104,6	106,2	124,5	127,0	129,3	130,3	131,3	132,3	132,8	132,9	132,9	132,9	133,0	133,1	133,2	133,3	139,3

Источник: Статистические сборники по РД.

**Таблица 2**

Трендовые модели для прогнозирования социально-экономических показателей развития Республики Дагестан

№ п/п	Трендовая модель	Описание модели	$R^2$	$\bar{R}^2$
1.	$y_1 = 73,6 - 12,4t + 1,69t^2$ (16,1) (4,4) (0,3)	Модель для прогнозирования инвестиций в основной капитал	0,97	0,96
2.	$y_2 = 34,92 + 24,5t$ (17,5) (1,74)	Модель для прогнозирования инвестиций в промышленность	0,91	0,90
3.	$y_3 = 34,9 + 14,6t$ (11,8) (1,4)	Модель для прогнозирования инвестиций в сельское хозяйство	0,91	0,90
4.	$y_4 = 3,94 \cdot t^{0,68}$ (0,8)	Модель для прогнозирования объема промышленного производства	0,82	0,81
5.	$y_5 = 57,8 + 10,7t$ (3,3) (0,4)	Модель для прогнозирования сельскохозяйственного производства	0,96	0,95
6.	$y_6 = 23,7 + 21,1t$ (10,5) (0,9)	Модель для прогнозирования ВРП	0,97	0,96
7.	$y_7 = 3,97 \cdot t^{0,94}$ (0,12)	Модель для прогнозирования доходов населения	0,85	0,84
8.	$y_8 = 3,3 \cdot t^{0,98}$ (0,2)	Модель для прогнозирования объема строительства	0,82	0,81
9.	$y_9 = 224,9 - 76,1t + 15,2t^2 - 0,5t^3$ (41,7) (17,1) (2,1) (0,1)	Модель для прогнозирования объемов платных услуг населению	0,95	0,93
10.	$y_{10} = 169,1 - 43,5t + 12,1t^2 - 0,4t^3$ (53,7) (23,7) (2,9) (0,1)	Модель для прогнозирования оборота розничной торговли	0,95	0,94
11.	$y_{11} = 180,4 - 17,1t + 2,95t^2$ (33,9) (7,8) (0,38)	Модель для прогнозирования объема налоговых поступлений	0,97	0,96
12.	$y_{12} = 91,3 + 32,3t - 2,6t^2 + 0,16t^3$ (21,4) (8,1) (1,1) (0,03)	Модель для прогнозирования доходов консолидированного бюджета	0,96	0,95
13.	$y_{13} = 84,7 + 14,9t - 0,84t^2$ (4,7) (1,08) (0,05)	Модель для прогнозирования численности безработных	0,88	0,86
14.	$y_{14} = 95,1 + 5,8t - 0,21t^2$ (1,8) (0,46) (0,03)	Модель для прогнозирования численности населения	0,90	0,89

Сравнительная оценка уравнений тренда была проведена по значениям скорректированного коэффициента детерминации ( $\bar{R}^2$ ), стандартных ошибок коэффициентов регрессии (приведены в скобках под уравнениями трендов в табл. 2), а также по значению суммы квадратов остатков.

**Заключение**

Прогнозирование социально-экономического развития является отправной точкой работы по управлению региональным развитием. На основе обоснованного прогноза определяются цели социально-экономического развития региона, уточняются программные мероприятия и приоритеты в развитии регионального хозяйственного комплекса.

Прогнозирование социально-экономического развития региона на основе экономико-математических моделей – это предвидение будущего состояния экономики и социальной сферы, которое позволяет выявить основные тенденции динамики основных социально-экономических показателей региона.

В результате проведенного исследования нами построены трендовые модели для прогнозирования. Результаты, представленные в табл. 2, позволяют сделать следующие выводы.

1. Полином второй степени (первая модель в таблице) является наилучшей формой модели прогнозирования инвестиций в основной капитал. Используя эту модель, нами получены доверительные интервалы (довольно узкие, что делает модель точной) прогноза на 2016, 2017 и 2018 гг.

## Результаты прогнозирования по трендовым моделям

Трендовые модели	На 2016 г.		На 2017 г.		На 2018 г.	
	Доверительный интервал прогноза		Доверительный интервал прогноза		Доверительный интервал прогноза	
	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница
$y_1 = 73,6 - 12,4t + 1,69t^2$	469,6	578,4	526,2	639,4	581,4	712,2
$y_2 = 34,92 + 24,5t$	419,4	598,2	439,1	626,2	462,4	649,1
$y_3 = 34,9 + 14,6t$	269,1	397,5	281,8	412,4	298,1	498,4
$y_4 = 3,94 \cdot t^{0,68}$	484,6	587,9	508,1	598,4	529,7	633,4
$y_5 = 57,8 + 10,7t$	241,7	288,5	252,3	297,4	262,4	312,4
$y_6 = 23,7 + 21,1t$	379,2	488,4	397,2	499,4	418,2	522,8
$y_7 = 3,97 \cdot t^{0,94}$	848,8	941,4	888,5	974,3	929,1	992,4
$y_8 = 3,3 \cdot t^{0,98}$	749,1	882,7	811,6	892,4	859,1	979,2
$y_9 = 224,9 - 76,1t + 15,2t^2 - 0,5t^3$	809,1	898,2	829,3	959,1	898,4	1001,6
$y_{10} = 169,1 - 43,5t + 12,1t^2 - 0,4t^3$	739,2	849,1	801,5	958,1	891,1	1002,4
$y_{11} = 180,4 - 17,1t + 2,95t^2$	771,2	892,1	828,4	962,1	901,7	1070,1
$y_{12} = 91,3 + 32,3t - 2,6t^2 + 0,16t^3$	849,2	958,1	901,3	1010,5	989,2	1110,5
$y_{13} = 84,7 + 14,9t - 0,84t^2$	45,3	78,1	30,2	67,9	27,6	57,8
$y_{14} = 95,1 + 5,8t - 0,21t^2$	116,5	138,1	112,2	134,1	108,6	131,5

2. Для прогнозирования ВРП построена трендовая модель линейного типа (полином первой степени), которая по всем основным статистическим параметрам (сумма квадратов остатков, ошибка прогноза, стандартные ошибки коэффициентов регрессии и др.) оказалась наилучшей. С ее помощью нами получены доверительные интервалы прогноза на 2016, 2017 и 2018 гг.

Таким образом, в работе построены трендовые модели для прогнозирования численности безработных, объема налоговых поступлений, доходов населения и др.

Результаты прогнозных расчетов могут быть использованы государственными органами для обоснования целей и задач социально-экономического развития, выработки и обоснования социально-экономи-

ческой политики правительства, способов рационализации использования ограниченных производственных ресурсов.

## Список литературы

1. Бережная Е.В. Математические методы моделирования экономических систем / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. – М.: Финансы и статистика. 2003. – 368 с.
2. Исмиханов З.Н. Математическое моделирование временного ряда поступлений налоговых платежей (на материалах Республики Дагестан) // «Вестник Дагестанского Государственного Технического Университета. Технические науки. – Вып. 19. – 2010. – С. 61–66.
3. Исмиханов З.Н. Многофакторные модели для прогнозирования налоговых платежей (на материалах Республики Дагестан) // Вестник Дагестанского государственного университета – 2010. – С. 51–57.
4. Исмиханов З.Н., Нажмутдинова С.А., Абдулаев Н.А. Трендовые модели для прогнозирования социально-экономического развития региона (на материалах Республики Дагестан) // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 3–2. – С. 307–311.

5. Придворова Е.С. Сравнительный анализ методов прогнозирования социально-экономического развития региона // Научные методы Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. – 2013. – Вып. 1–1, Т. 25. – С. 5–14.

6. Стратегия социально-экономического развития Республики Дагестан до 2025 года. – URL.: [http://old.nsrdr.ru/fck\\_user/files/files/present%202025.pdf](http://old.nsrdr.ru/fck_user/files/files/present%202025.pdf).

7. Чулкова Е.А. Эконометрические модели в исследовании аграрного производства региона // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – № 29–1, Т. 1. – С. 118–121.

8. Эльдяева Н.А. Эконометрические методы в макроэкономическом анализе // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2006. – № 4. – С. 225–230.

9. Экономико-математические методы и прикладные модели: учебное пособие / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, Д.М. Дайитбегов и др.; под ред. В.В. Федосеева. – М.: Юнити, 2003. – 391 с.

### References

1. Berezhnaja E.V. Matematicheskie metody modelirovaniya jekonomicheskikh sistem / E.V. Berezhnaja, V.I. Berezhnoj. М.: Finansy i statistika. 2003. 368 p.

2. Ismihanov Z.N. Matematicheskoe modelirovanie vremennogo tjada postuplenij nalogovyh platezhej (na materialah Respubliki Dagestan) / «Vestnik Dagestanskogo Gosudarstven-

nogo Tehnicheskogo Universiteta. Tehnicheskie nauki. Vypusk 19. 2010. pp. 61–66.

3. Ismihanov Z.N. Mnogofaktornye modeli dlja prognozirovaniya nalogovyh platezhej (na materialah Respubliki Dagestan) / Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta 2010. pp. 51–57.

4. Ismihanov Z.N., Nazhmutdinova S.A., Abdulaev N.A. Trendovye modeli dlja prognozirovaniya socialno-jekonomicheskogo razvitija regiona (na materialah Respubliki Dagestan) // Jekonomika i predprinimatelstvo. 2015. no. 3–2. pp. 307–311.

5. Pridvorova E.S. Sravnitelnyj analiz metodov prognozirovaniya socialno-jekonomicheskogo razvitija regiona // Nauchnye metody Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. 2013. Vypusk no. 1–1, t. 25. pp. 5–14.

6. Strategiya socialno-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Dagestan do 2025 goda. URL.: [http://old.nsrdr.ru/fck\\_user/files/files/present%202025.pdf](http://old.nsrdr.ru/fck_user/files/files/present%202025.pdf).

7. Chulkova E.A. Jekonometricheskie modeli v issledovanii agrarnogo proizvodstva regiona // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. no. 29–1, t. 1. pp. 118–121.

8. Jeldjaeva N.A. Jekonometricheskie metody v makrojekonomicheskom analize // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta. 2006. no. 4. pp. 225–230.

9. Jekonomiko-matematicheskie metody i prikladnye modeli: Uchebnoe posobie // V.V. Fedoseev, A.N. Garmash, D.M. Dajitbegov i dr.; Pod red. V.V. Fedoseeva. М.: Juniti, 2003. 391 p.

УДК 338.436.33

## МЕХАНИЗМЫ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В РОССИЙСКОМ АПК

Кочеткова С.А., Акимова Ю.А.

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва»,  
Саранск, e-mail: kochetkovaca@mail.ru, yuliaakimova81@gmail.com

Реформирование АПК страны принципиально меняет подход к созданию конкурентоспособных предприятий аграрной сферы, что до настоящего времени является проблемой реализации аграрной политики в условиях обеспечения экономической и продовольственной безопасности страны. Переход к инновационному развитию и модернизации экономики предусматривает активный поиск инструментов стимулирования инновационной и инвестиционной активности частного капитала и обеспечения при этом наиболее эффективного сочетания интересов государства и предпринимательских структур. В качестве такого инструмента используется механизм государственно-частного партнерства. Авторами в статье обоснована необходимость использования новых финансовых инструментов обеспечения инновационного развития аграрной сферы, таких как технологические платформы, венчурные фонды, агропромышленные парки, арендные лизинговые отношения, что будет способствовать эффективному развитию государственно-частного партнерства (ГЧП) в российском АПК в современных условиях нестабильности внешней среды.

**Ключевые слова:** государственно-частное партнерство, агропромышленный комплекс, сельское хозяйство, зарубежный опыт, программа, совершенствование

## MECHANISMS OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN THE RUSSIAN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Kochetkova S.A., Akimova Yu.A.

Mordovian State University named after N.P. Ogarev,  
Saransk, e-mail: kochetkovaca@mail.ru, yuliaakimova81@gmail.com

Reforming of agro-industrial complex of the country essentially changes approach to creation of the competitive entities of the agrarian sphere that is so far a sales problem of agrarian policy in the conditions of ensuring economic and food security of the country. Transition to innovative development and upgrade of economy provides active search of instruments of stimulation of innovative and investment activity of a private equity and providing at the same time the most effective combination of interests of the state and entrepreneurial structures. As such tool the mechanism of public-private partnership is used. Authors in article proved need of use of new financial instruments of ensuring innovative development of the agrarian sphere, such as: technological platforms, venture funds, agro-industrial parks, the rent leasing relations that will promote effective development of the state-private partnership (SPP) in the Russian agrarian and industrial complex in modern conditions of instability of the external environment.

**Keywords:** public-private partnership, agro-industrial complex, agricultural industry, foreign experience, program, enhancement

Важной частью национальной экономики является развитие агропромышленного комплекса, где главной государственной задачей является организация и стимулирование инновационной деятельности в аграрном секторе экономики. Очевидно, что в сложившихся на данный момент условиях системного кризиса в АПК отдельные его отрасли и хозяйствующие субъекты не в состоянии обеспечить решение данной задачи за счет собственных возможностей. Оптимальным решением может стать активное взаимодействие государственного и частного капиталов на принципах государственно-частного партнерства.

**Цель исследования.** В этой связи становится очевидной необходимость разработки системы мер совершенствования использования механизма государственно-частного партнерства в аграрной сфере в российских условиях.

### Материалы и методы исследования

Основой проведенного исследования стала систематизация научных трудов отечественных и зарубежных ученых в области применения механизмов государственно-частного партнерства. Использование в работе метода системного анализа позволило выявить основные преимущества и недостатки рассматриваемого механизма и оценить возможности его применения для российского АПК. Также позволило выделить лучшие практики из зарубежного опыта государственного регулирования и обосновать их применение на уровне России с применением программно-целевого метода. Сделанные выводы стали основой для разработки комплекса предложений мероприятий по формированию эффективного механизма реализации проектов ГЧП в аграрной сфере.

Базой для эмпирического исследования стали данные Федеральной службы государственной статистики РФ, материалы средств массовой информации, опубликованные отчеты о развитии государственно-частного партнерства.

### Результаты исследования и их обсуждение

Проблемы развития механизмов государственно-частного партнерства являются предметом исследования разных наук и научных школ. В мировой практике механизм государственно-частного партнерства применяется уже давно и доказал свою эффективность. Среди зарубежных ученых, исследующих отдельные аспекты взаимодействия в экономике частной и государственной сфер, а также вопросы отношений власти и бизнеса, следует выделить Н.Е. Hale (2006), E.R. Yescombe (2011), T.J. Murphy (2012), S. Osborne (2000) и др.

Интерес к механизмам реализации ГЧП, в частности опыту совместных проектов бизнеса и государственных структур, явились стимулом для научных разработок в России. Так, теоретическое обоснование государственно-частного партнерства изложено в трудах российских исследователей: А.П. Берестова (2008), В.Г. Варнавского (2009), М.В. Вилисова (2007), С.Н. Сильвестрова (2008), Р.Р. Шабанова (2008). В последние годы в контексте повышенного общественного и научного интереса к феномену государственно-частного партнерства появилось значительное число исследовательских работ, анализирующих эффективность и перспективы применения механизма ГЧП в широком спектре отраслей, в том числе и в сельском хозяйстве. Однако много вопросов еще остаются не изученными.

Поскольку аграрная сфера во многом страдает от значительного недофинансирования научных исследований и влияния внешних факторов, использование механизма ГЧП позволяет снизить риск для отдельных частных партнеров и одновременно способствовать адаптации и распространению новых результатов исследований или имеющихся знаний и технологий.

Значение государственно-частного партнерства для Российской Федерации подтверждается историческим опытом ГЧП в рамках концессий периода НЭПа [9]. В развитых странах Западной Европы и в развивающихся странах еще в 90-х гг. XX в. было учреждено более 2700 проектов ГЧП. В течение последних двух десятилетий в рамках ГЧП за рубежом реализованы тысячи успешных проектов. Лидерами в области ГЧП являются Великобритания, США, Франция и Германия, где основной формой партнерства выступают концес-

сионные соглашения и договора. Общие черты зарубежной практики реализации ГЧП – это более широкая и упорядоченная нормативная база, регулирующая контрактные отношения в различных отраслях и позволяющая наиболее полно учитывать разнообразие условий функционирования различных сфер.

Несмотря на то, что в России отсутствует длительная история реализации проектов ГЧП, положительный опыт партнерства государства и бизнеса в ряде отраслей экономики имеется, в том числе и в АПК. В практике ГЧП участвует достаточно широкий спектр организационно-правовых форм государственных организаций (государственные учреждения; государственные унитарные предприятия; государственные корпорации; финансово-промышленные группы; некоммерческие партнерства; автономные некоммерческие организации; фонды). При этом следует отметить, что созданные к настоящему времени институты развития государственно-частного партнерства (государственные корпорации, Российская венчурная компания, особые экономические зоны, центры передачи технологий, инновационно-технологические центры, технопарки и т.п.) не задействованы системным образом.

Анализ реализованных инвестиционных проектов в РФ позволил выделить приоритетные для государства и привлекательные для российского бизнеса сферы (промышленное производство, ЖКХ, автомобильное строительство). АПК входит в пятерку отраслей, где реализуется наибольшее число инвестиционных проектов на основе ГЧП.

Одним из инструментов ГЧП на сегодняшний день является программно-целевой подход, реализуемый через Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, действующую в 2008–2012 гг. и пролонгированную на 2013–2020 гг. Государство выполняет организационно-экономическую функцию развития АПК, организует и координирует разработку целевых государственных, ведомственных и региональных программ и инновационных инвестиционных проектов, обеспечивает формирование инновационной инфраструктуры, не выполняя при этом функции агробизнеса [1].

Инструментом формирования инновационной системы АПК и развития государственно-частного партнерства в ближайшее

время должны стать технологические платформы, как наиболее современная форма ГЧП, направленная на согласование приоритетов научно-технической политики развития сельского хозяйства и перерабатывающих отраслей между бизнесом, наукой и образованием в целях повышения конкурентоспособности АПК в целом и отдельных территорий, комплексов и организаций (например, технологическая платформа «Технология пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания» на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»).

Наиболее предпочтительной формой реализации механизма ГЧП как в российской практике, так и в зарубежной является контрактная форма ГЧП, а конкретными ее видами – инвестиционные и концессионные соглашения, что обусловлено наличием хорошо проработанной законодательной базы и прозрачным механизмом взаимодействия сторон. В стране зарегистрировано около 500 договоров концессий [9].

Развивая прямое взаимодействие с предпринимателями, регионы делают ставку как на крупные хозяйства, так и на малый бизнес и на сельские кооперативы. Большим производствам власти оказывают содействие в выделении земельных участков, подведении необходимых коммуникаций, предоставлении гарантий по привлекаемым кредитам. Выплаты из госбюджета принимают различные формы: ассигнования, субсидии, дотации, субвенции. Инструментами кредитно-денежной политики являются: лимиты кредитования, изменения учётной ставки, прямое регулирование ставки процента и др. Помимо этого существуют прочие формы воздействия на экономику, такие как кредитование, инвестиции, налоговый механизм [6].

В отечественной практике, помимо рассмотренных форм, реализация крупных ГЧП-проектов осуществляется преимущественно в виде использования средств Инвестиционного фонда РФ и других источников финансирования крупных инвестиционных проектов, соответствующих основным направлениям стратегического развития РФ. Из всей совокупности инвестиционных проектов, реализуемых на условиях ГЧП в России, только 8 относятся к сфере АПК, из которых 4 реализуются в Тамбовской области, 2 – в Республике Мордовия, по одному – в Брянской области и Алтайском крае. Из общего количества проектов полная ре-

ализация была осуществлена только по двум. По количеству реализуемых проектов лидирует Тамбовская область (4 проекта). Объем инвестиций составил 80 % от всех реализуемых проектов Инвестиционным фондом РФ (37787,02 млн руб.). Все они нацелены на преобразование экономики области за счет создания новых высокотехнологичных сельскохозяйственных производств.

Многоаспектное изучение проблем и перспектив развития государственно-частного партнерства и снижения рисков при реализации инвестиционных проектов в АПК регионов позволило констатировать, что на современном этапе очень важно оптимизировать формы и модели ГЧП [14]. Из всего многообразия форм ГЧП следует отобрать такие, которые будут опираться на финансовые возможности и административный ресурс государственных органов власти ещё на начальном этапе проекта. Впоследствии, когда акционерный или частный бизнес в этом проекте будет получать прибыль, он будет погашать государственную долю вложенного капитала вплоть до приватизации всего имущественного комплекса.

Сельское хозяйство России в настоящее время находится на стадии своего развития. По экспертным оценкам, инвестиционный потенциал АПК до 2020 г. составит свыше 4 трлн руб. Значительная часть этих инвестиций будет профинансирована за счет кредитных средств. Наиболее целесообразным решением проблемы, по нашему мнению, является организация ГЧП между органами власти, фермерами субъектов РФ и малыми сельскохозяйственными организациями. Примером такой успешно функционирующей ассоциации является Ассоциация «Аграрное образование и наука».

Важным на современном этапе является инновационное и технологическое совершенствование системы устойчивого продовольственного обеспечения, что подразумевает предание инновационности самой организационной структуре, обеспечивающей решение данной проблемы, а также совокупность мер и форм воздействия. Приоритетными из них могут являться:

- 1) стимулирование производства качественной, экологически чистой продукции;
- 2) бюджетное обеспечение системы семеноводства;
- 3) стимулирование мер по расширению ассортимента продовольственных товаров;
- 4) поддержка инновационной деятельности на уровне муниципалитета;

5) стимулирование внедрения достижений в науке и технике и практика сотрудничества с научными институтами;

6) сотрудничество с вузами региона с целью формирования высококвалифицированных кадров для АПК региона;

7) сотрудничество с институтами повышения квалификации кадров работников АПК;

8) стимулирование импортозамещения и производства особо значимых видов продукции.

Основными мерами государственной поддержки АПК являются: возмещение части затрат товаропроизводителей на уплату страховых премий по договорам сельскохозяйственного страхования; возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам и займам; гранты из федерального бюджета на реализацию перспективных инновационных проектов. Государство может предоставлять для сельхозпроизводителей кредиты на инвестиционные проекты по льготной ставке, а также осуществлять финансирование за счет Инвестиционного фонда.

Основным препятствием эффективной реализации проектов ГЧП в целом по России являются проблемы общественно-политического и правового характера, недостаточной эффективности деятельности органов государственной власти, незначительности роста инвестиционного климата. Перспективное развитие инновационной системы АПК должно обеспечиваться созданной инфраструктурой, формируемой на принципах ГЧП, например, в форме инновационных кластеров – социально-экономических формирований АПК. Их формирование зависит от следующих факторов: благоприятных почвенно-климатических условий для производства сельскохозяйственной продукции и продовольствия; наличия трудовых и земельных ресурсов для производства сельхозпродукции; опережающих сроков начала использования результатов научной и научно-технической деятельности, научной организации-участника инновационного кластера по производству определенной сельскохозяйственной продукции; использования собственных внешнеэкономических и экспортных связей, а также финансовых средств для приобретения новых технологий и оборудования, собственных торговых марок и брендов.

Формирование новых институтов регионального развития АПК предполагает:

– развитие арендных лизинговых отношений, формирующихся на основе передачи государством в аренду частному сектору своей собственности с целью привлечения долгосрочных инвестиций на развитие инновационных проектов;

– совершенствование законодательного, финансового, налогового и имущественного механизма стимулирования и поддержки малых предприятий в сфере АПК, специализирующихся в осуществлении научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок;

– использование новых источников финансирования проектов ГЧП (средства негосударственных пенсионных фондов при использовании механизма концессионных облигаций);

– изменение законодательства, что позволит повысить инвестиционную привлекательность проектов для финансирующих организаций, а также получения заемных средств по более низким ставкам в связи с долгосрочным характером отношений в рамках ГЧП в АПК.

Таким образом, применение организационных механизмов ГЧП является отправной точкой к развитию нового уровня отношений между государством и бизнесом в сфере агропродовольственного комплекса, позволяющих использовать сильные стороны государственных и частных партнёров для достижения роста эффективности, мобилизации ресурсов и инвестиций при решении приоритетных задач, реализации инновационных проектов, снижения рисков.

### Выводы

Как показало обобщение теоретических положений проблемы исследования, ГЧП является оптимальной экономической формой организации процесса финансового обеспечения отраслевых инновационных инфраструктурных и промышленных проектов. Постоянное развитие форм, инструментов, принципов, подходов, моделей и механизмов государственно-частного партнерства в инновационно-инвестиционной деятельности в аграрной сфере позволит повысить эффективность сельскохозяйственного производства, конкурентоспособность отечественного АПК.

*Работа выполнена при финансовой поддержке НИР № 53/55-15 «Устойчивое развитие продовольственного рынка на основе активизации механизмов государственно-частного партнерства».*

## Список литературы

1. Акимова Ю.А., Кочеткова С.А. Совершенствование системы государственной поддержки аграрной сферы региона в современных условиях // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 8–1. – С. 168–172.
2. Белова Ю.А., Коваленко Е.Г. Развитие продовольственного рынка в условиях глобализации. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2010. – 148 с.
3. Берестов А.П. Теория и практика государственно-частного партнерства. – Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2008. – 168 с.
4. Варнавский В.Г. Государственно-частное партнерство. – М.: ИМЭМО РАН, 2009. – 290 с.
5. Виллисов М.В. Государственно-частное партнерство: зарубежный и российский опыт. – СПб.: Наука, 2007. – 171 с.
6. Инструменты преодоления глобальных вызовов и угроз для аграрной сферы экономики России: монография / Т.М. Полушкина, Е.Г. Коваленко, О.Ю. Якимова и др.; под общ. ред. Т.М. Полушкиной. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2015. – 136 с.
7. О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ: Федеральный закон от 13.07.2015 № 224-ФЗ // *Собрание законодательства РФ*. – 2015. – № 29 (часть I) (20 июля). – Ст. 4350.
8. Сильвестров С.Н. Государственно-частное партнерство в инновационных системах. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 312 с.
9. Структурная модель государственно-частного партнерства в стратегическом управлении регионом: монография / С.А. Кочеткова, И.В. Моисеева. – М.: Изд-во: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. – 160 с.
10. Шабанов Р.Р. Государство и бизнес: выгодное партнерство. – Волгоград: Волгоградское науч. изд-во, 2008. – 130 с.
11. Hale Henry E. *Politicized Financial-Industrial Groups and Parities / Why not parties in Russia?* – New York: Cambridge University Press, 2006. – P. 10–17.
12. Murphy, Timothy J. *The case for public-private partnerships in infrastructure* [Online]. – Available: [http://www.mcmillan.ca/Files/TMurphy\\_caseforP3\\_Infrastructure\\_0508.pdf](http://www.mcmillan.ca/Files/TMurphy_caseforP3_Infrastructure_0508.pdf).
13. Osborne, S. *Public-Private Partnerships: Theory and Practice in International Perspective*. – Routledge, 2000. – 37 p.
14. Akimova Yu.A., Kochetkova S.A., Kovalenko E.G., Zinina L.I. *Public-Private Partnership in Agribusiness / Yu.A. Akimova, S.A. Kochetkova, E.G. Kovalenko, L.I. Zinina // International Review of Management and Marketing*. – 2016. – № 6(4). – P. 1–9. – URL: <http://www.econjournals.com/index.php/irmm>.

15. Yescombe E.R. *Public-Private Partnerships: Principles of Policy and Finance*. – Oxford: Linacre House, 2011. – 368 p.

## References

1. Akimova YU.A., Kochetkova S.A. *Sovershenstvovanie sistemy gosudarstvennoj pod-derzhki agrarnoj sfery regiona v sovremennyh usloviyah // Fundamentalnye issledovaniya*. 2015. no. 8–1. pp. 168–172.
2. Belova YU.A., Kovalenko E.G. *Razvitie prodovolstvennogo rynka v usloviyah globalizacii*. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2010. 148 p.
3. Berestov A.P. *Teoriya i praktika gosudarstvenno-chastnogo partnerstva*. Ekaterinburg: In-t ehkonomiki UrO RAN, 2008. 168 p.
4. Varnavskij V.G. *Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo*. M: IMEHMO RAN, 2009. 290 p.
5. Villisov M.V. *Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo: zarubezhnyj i rossijskij opyt*. SPb: Nauka, 2007. 171 p.
6. *Instrumenty preodoleniya globalnyh vyzovov i ugroz dlya agrarnoj sfery ehkonomiki Rossii: monografiya / T.M. Polushkina, E.G. Kovalenko, O.YU. YAKimova i dr.; pod obshch. red. T.M. Polushkinoj*. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2015. 136 p.
7. *O gosudarstvenno-chastnom partnerstve, municipalno-chastnom partnyorstve v Rossijsk-joj Federacii i vnesenii izmenenij v otdelnye zakonodatelnye akty RF [Tekst]: Fede-ralnyj zakon ot 13.07.2015 no. 224-FZ // Sobra-nie zakonodatelstva RF*. 2015. 29 (chast I) (20 iyulya). St. 4350.
8. Silvestrov S.N. *Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo v innovacionnyh siste-mah*. Moskva: Izdatelstvo LKI, 2008. 312 p.
9. *Strukturnaja model gosudarstvenno-chastnogo partnjorstva v strategicheskom upravlenii regionom: monografiya / Kochetkova S.A., Moiseeva I.V*. Moskva, Izdatelstvo: Izdatelskij dom Akademii Estestvoznaniya. 2016. 160 p.
10. SHabanov R.R. *Gosudarstvo i biznes: vygodnoe partnerstvo*. Volgograd: Volgogradskoe nauch. izd-vo, 2008. 130 p.
11. Hale, Henry E. *Politicized Financial-Industrial Groups and Parities / Why not parties in Russia?* New York: Cambridge University Press, 2006. pp. 10–17.
12. Murphy, Timothy J. *The case for public-private partnerships in infrastructure*. [Online] Available: [http://www.mcmillan.ca/Files/TMurphy\\_caseforP3\\_Infrastructure\\_0508.pdf](http://www.mcmillan.ca/Files/TMurphy_caseforP3_Infrastructure_0508.pdf).
13. Osborne, S. *Public-Private Partnerships: Theory and Practice in International Perspective*. Routledge, 2000. 37 p.
14. Akimova Yu.A., Kochetkova S.A., Kovalenko E.G., Zinina L.I. *Public-Private Partnership in Agribusiness / Yu.A. Akimova, S.A. Kochetkova, E.G. Kovalenko, L.I. Zinina // International Review of Management and Marketing*. 2016. no. 6(4). pp. 1–9. URL: <http://www.econjournals.com/index.php/irmm>.
15. Yescombe, E.R. *Public-Private Partnerships: Principles of Policy and Finance*. Oxford: Linacre House, 2011. 368 p.

УДК 339.1

## РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА ВИДЕОИГР НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ «КАРТА КОХОНЕНА»

**Ломакин Н.И., Максимова О.Н., Экова В.А., Лясин Д.Н., Фатеенков М.М.**

*Волжский политехнический институт (филиал), Волгоградского государственного технического университета, Волжский, e-mail: vpi@volpi.ru*

В статье анализируется динамика российского сегмента видеоигр, отмечается, что он имеет ежегодный прирост 25–30%. Несмотря на имеющиеся результаты исследований, многие аспекты прогнозирования глобального рынка видеоигр требуют дальнейшего изучения. В этой связи представляется важным разработать стратегию развития регионального рынка видеоигр с помощью нейросети. Нейронная сеть «Карта Кохонена», выполняющая задачу визуализации и кластеризации, являясь методом проецирования многомерного пространства в пространство с более низкой размерностью, позволяет получить максимально полную визуализацию действия выбранных факторов. В статье представлена нейросеть «Карта Кохонена» в условиях цифровой трансформации бизнеса для визуализации действия на рынок таких факторов, как название игры, доля рынка для iPhone и iPad, годовой прирост рынка.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, визуализация действия факторов, стратегия развития регионального рынка, видеоигры

## DEVELOPMENT STRATEGY OF THE REGIONAL MARKET OF VIDEO GAMES BASED ON NEURAL NETWORK «MAP KOHONENA»

**Lomakin N.I., Maksimova O.N., Ekova V.A., Lyasin D.N., Fateenkov M.M.**

*Volzhsky Polytechnic Institute (branch) of Volgograd State Technical University, Volzhsky, e-mail: vpi@volpi.ru*

The article analyzes the dynamics of the Russian segment of the video game, it is noted that it has an annual growth of 25–30%. Despite the findings, many aspects of forecasting of the global videogame market require further study. In this regard, it is important to develop a strategy for the development of a regional market of video games with the help of neural networks. The neural network «Kohonen map» that performs the task of visualization and clustering, as a method of projecting the multidimensional space into a space of lower dimension, allows you to get the most complete visualization of the action selected factors. The article presents a neural network «Kohonen Map» in the digital transformation of the business to visualize the effect on market factors such as the name of the game, the market share for the iPhone and iPad, the annual growth of the market.

**Keywords:** neural networks, visualization of the factors, the strategy of development of the regional market, video games

В современных условиях развития рыночных отношений важное значение имеет разработка стратегии формирования регионального рынка видеоигр. Целесообразно использование систем искусственного интеллекта, в частности нейронной сети «Карта Кохонена», для визуализации факторов, определяющих формирование стратегии развития рынка видеоигр в условиях продолжающейся цифровой трансформации бизнеса.

**Гипотеза.** Разработка нейронной сети «Карта Кохонена» позволит получить визуализацию данных, с целью построения стратегии развития регионального рынка видеоигр. Известно, на динамику курсов валют рынка видеоигр влияет множество факторов, использование которых в процессе разработки стратегии развития рынка оказывается проблематичным.

Выдвинем гипотезу и попытаемся подтвердить или опровергнуть ее. Суще-

ность нашей гипотезы в том, что успешное формирование стратегии развития регионального рынка видеоигр может быть осуществлено на основании использования нейронной сети «Карта Кохонена», позволяющей получить визуализацию действия факторов развития рынка видеоигр методом проецирования многомерного пространства в пространство с более низкой размерностью.

**Цель** – разработать нелинейный математический алгоритм, нейронную сеть, позволяющую получить визуализацию действия факторов развития рынка видеоигр методом проецирования многомерного пространства в пространство с более низкой размерностью.

### Материалы и методы исследования

В ходе исследования использовались такие методы, как монографический, аналитический, нейронная сеть «Карта Кохонена».

### Результаты исследования и их обсуждение

Подтвердим или опровергнем гипотезу о том, что успешное формирование стратегии развития регионального рынка видеоигр может быть осуществлено на основании использования нейронной сети «Карта Кохонена», позволяющей получить визуализацию факторов развития рынка видеоигр методом проецирования многомерного пространства в пространство с более низкой размерностью.

**Научная новизна.** Состоит в том, что в процессе формирования стратегии развития регионального рынка видеоигр может быть осуществлено на основании использования нейронной сети «Карта Кохонена», позволяющей получить визуализацию действия факторов развития рынка видеоигр методом проецирования многомерного пространства в пространство с более низкой размерностью.

**Практическая значимость.** Состоит в том, что разработанная система искусственного интеллекта может быть использована на практике при формировании стратегии развития регионального рынка видеоигр.

Как известно, стратегию можно представить по-разному: как образ организационных действий и управляющих подходов, используемых для достижения организационных задач и целей организации, как план, как позицию, как приём, как паттерн действий, а также как перспективу.

Рынок видеоигр в глобальном масштабе развивается стремительными темпами и имеет мощный потенциал роста. По мнению аналитиков SuperData, игры заработали в 2015 г. \$64,7 млрд, при этом мобильные игры заработали \$24,7 млрд. Эксперты Newzoo опубликовали исследование, в котором оценка объема рынка мобильных игр составляет \$30 млрд [11]. Перспективы развития видеоигр еще более впечатляют, если принять во внимание тот факт, что мир переживает «цифровую революцию», что ярко проявляется в цифровой трансформации бизнеса.

Цифровая трансформация бизнеса предоставляет широкие возможности для преобразования бизнес-процессов в цифровой формат, а также для их оптимизации и автоматизации, открывает новые источники дохода и внедрения инноваций. Цифровые технологии действительно способны кардинально изменить работу компаний. Вот

четыре основных, бурно развивающихся направления, за счет которых цифровая трансформация приобрела столь важное значение: мобильные технологии, облачные вычисления, информация и социальные сети [4].

Практика показывает, что в условиях цифровой трансформации бизнеса использование нейронных сетей открывает широкие перспективы во многих направлениях, обуславливающих развитие внешнеэкономической деятельности: поддержка предпринимательства [2, с. 250], оптимизация денежных потоков компании [7, с. 209–218], развитие прибыльных стратегий в биржевой торговле [8, с. 150], совершенствование государственного стимулирования инновационной деятельности [5, с. 51–66], поиск выхода из кризиса [6, с. 44], применение нанообразования [9, с. 225–230], развитие человеческого капитала [10, с. 19] и другие.

Согласно отчету компании NewZoo, специализирующейся на исследовании рынка игр и киберспорта, Россия в 2015 году сгенерировала доходы около \$1,3 млрд. Рост составил 3% по сравнению с 2014 годом. Российский рынок в 2015 г. был на 12-м месте в мире. По прогнозу мировые объемы продаж мобильных игр составят в 2016 г. 35,5 \$ млрд, а в 2018 г. 44,2\$ млрд. В России 59,5 млн геймеров, и 30,8 млн из них готовы тратить деньги на игры, отношение плательщиков к игрокам составляет 52%. В среднем тратят \$40,95 в год, что несколько ниже, чем Восточной Европе [1].

По ожиданиям аналитиков NewZoo, российский игровой рынок покажет здоровый рост к 2018 г. Среднегодовые темпы роста – 5,2%, что выше, чем в любой стране Западной Европы. К 2018 г. российский рынок игр достигнет объема в \$1,5 млрд.

Система искусственного интеллекта дает возможность получить визуализацию действия факторов модели, на основе которых будет разрабатываться стратегия развития рынка видеоигр методом проецирования многомерного пространства в пространство с более низкой размерностью. Файл с исходными данными имеет размерность 4×20. Исходная матрица включает в себя названия 20 видеоигр российского сегмента, а также такие параметры, как доля рынка для iPhone, доля рынка для iPad и «% прироста выручки». Матрицу значений импортируем в программу Deductor, в которой и происходит формирование нейронной сети и ее обучение.

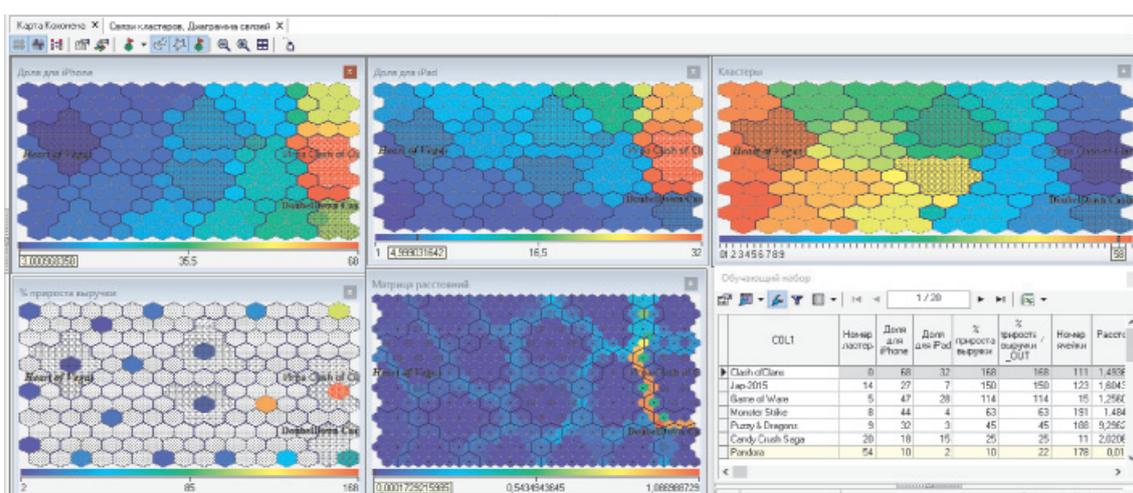


Рис. 1. Самоорганизующаяся Карта Кохонена мобильных игр в России, 2015 г.

В начале на основе известной размерности входных данных некоторым образом строится первоначальный вариант карты. Затем, в процессе обучения нейросети векторы веса узлов приближаются к входным данным, причем для каждого наблюдения выбирается наиболее похожий по вектору веса узел, и значение его вектора веса приближается к наблюдению. Сформированная нейросеть показала, что игра Clash of Clans является лидером продаж, занимая 68% в доле рынка для iPhone и 32% в доле рынка для iPad, располагается в сегменте игр с высоким темпом прироста продаж в ячейке 111, причем расстояние до центра ячейки составляет 1,4936, занимая красный кластер № 0 (рис. 1).

Нейросеть «Карта Кохонена» позволяет сгруппировать и расположить на плоскости согласно алгоритму сети, причем визуализация достигается за счет размещения на плоскости в кластеры, например игра-аутсайдер по продажам Heart of Vegas расположилась на 58 кластере (синий цвет), заняв 66 ячейку, поскольку ее доля составляет 3% на рынке для iPhone и 5% на рынке для iPad, с приростом продаж 4%, что важно для разработки стратегии развития рынка видеоигр.

В процессе формирования стратегии развития рынка видеоигр следует учитывать результаты, полученные в ходе работы нейросети в последующем для SWOT-анализа внешних и внутренних факторов.

Диаграмма видеоигр по параметрам «% прироста выручки» и «% прироста выручки OUT» свидетельствует о том, что параметр «% прироста выручки OUT», подсчитанный нейросетью, может быть успешно рас-

считан на перспективу при изменении входных параметров, взятых для формирования модели «Карта Кохонена» при использовании такой функции, как «Что – если», заложенной в программе Deductor.

Поставляя значения факторов в закладку нейронной сети «Что – если», представляется возможным получить прогнозные значения прироста выручки от реализации видеоигры на перспективу, что важно для разработки стратегии развития регионального рынка. Так, у игры Heart of Vegas при изменении ее доли с 3 до 20% на рынке для iPhone и с 5 до 20% на рынке для iPad, прирост продаж может возрасти с 4 до 25% (рис. 2).

Безусловно, SWOT-анализ необходим при разработке стратегии развития рынка видеоигр, поскольку позволяет выявить и оценить сильные, слабые стороны, возможности и угрозы. При разработке стратегии развития рынка важно учитывать следующие особенности:

- во-первых, «нечеткость» критерия «видеоигра», поскольку сложно сказать, где заканчивается игра и начинаются продажи «железа», что важно для SWOT-анализа;
- во-вторых, дальнейшее углубление интеграции видеоигр с социальными сетями;
- в-третьих, имеет место конвергенция (взаимопроникновение) технологий видеоигр с технологиями обучения (Oculus Rift), с технологиями e-commerce и другими;
- в-четвертых, цифровая трансформация бизнеса видеоигр обеспечила появление сервисов, позволяющих программистам размещать игры собственной разработки (например на сайте игры Steam) с последующим коммерческим использованием;

Поле	Значение
<b>Входные</b>	
9.0 Доля для iPhone	20
9.0 Доля для iPad	20
<b>Выходные</b>	
9.0 % прироста выру...	25
<b>Расчетные</b>	
12 Номер ячейки	28
9.0 Расстояние до ц...	0,164184431021692
12 Номер кластера	19
9.0 Расстояние до ц...	0

Рис. 2. Расчетные значения выходного параметра – прирост продаж для игры *Heart of Vegas* в целях построения стратегии развития рынка видеоигр

– в-пятых, растет использование видеоигр на основе систем искусственного интеллекта. Игровой искусственный интеллект (ИИ, англ. Game artificial intelligence) обеспечивает создание иллюзии интеллекта в поведении персонажей [3].

Практическая значимость применения нейронных сетей в решении прикладных задач подтверждается полученными авторами свидетельствами на программу ЭВМ, в частности для управления структурой активов и пассивов банка [12], для оценки риска банкротства предприятия [13] и другими.

Гипотеза подтверждена, предложенная нейросеть «Карта Кохонена» может быть использована на практике в процессе разработки стратегии развития рынка видеоигр. Использование нейронных сетей находит широкое применение в различных сферах деятельности. Так, авторами получено свидетельство на программу для ЭВМ биржевого торгового робота [9], а также свидетельства на программы для ЭВМ ряда алгоритмов с использованием нейросети, например, для оценки кредитоспособности [7], для управления структурой активов и пассивов [6], для оценки риска банкротства [8].

На основании проведенного исследования можно сделать определенные выводы.

### Выводы

В условиях нарастающей рыночной неопределенности процесс формирования стратегии развития рынка видеоигр позволил выявить следующее.

Во-первых, выдвинутая гипотеза подтверждена, предложенную нейросеть можно применять на практике при формировании стратегии развития регионально-го рынка игр.

Во-вторых, стратегия развития рынка должна учитывать современные тенденции и особенности: «нечеткость» и диверсификация игр, мобильных приложений и др.

В-третьих, представляется целесообразным применение нейронной сети «Карта Кохонена» для формирования стратегии развития регионального рынка видеоигр.

### Список литературы

1. Аналитика. Рынок игр. – <http://www.therunet.com/articles/5740-analitika-gynok-igr> (дата обращения 21.08.2016).
2. Гузев М.М. Энциклопедия малого бизнеса / М.М. Гузев, В.Н. Глухов, Н.И. Ломакин; Волжский гуманитарный институт (филиал) ВолГУ. – Волгоград. – 250 с.
3. Игровой искусственный интеллект. – <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B3> (дата обращения 21.08.2016).
4. Как все успеть: цифровая трансформация бизнеса. – <http://www.orange-business.com/ru/blogs/get-ready/uvravlennie-it/cifrovaya-transformaciya-biznesa> (дата обращения 21.08.2016).
5. Литвинова А.В., Парфенова М.В. Инструменты государственного стимулирования инновационной деятельности в России // Региональная экономика и управление (электронный научный журнал). – 2015. – № 3 (43). – С. 51–66.
6. Логинова Е.В. Неоиндустриализация как выход из кризиса / М. Гузев, Е. Логинова // Экономист. – 2009. – № 11. – С. 44.
7. Ломакин Н.И., Томина И.И. Оптимизация денежных потоков компании в современных условиях // В мире научных открытий. – 2012. – № 5.2. – С. 209–218.
8. Ломакин Н.И. Поиск прибыльной стратегии трейдера на рынке FORTS // Saarbrucken. – 2012. – 154 с.
9. Плаксунова Т.А. Нанообразование в перспективах модернизации высшего образования // Славянский форум. Балгария. – Бургас: Изд-во: Институт гуманитарных наук, экономики и информационных наук. – № 1 (3). – С. 225–230.

10. Плаксунова Т.А. Человеческий капитал в инновационной экономике // Terra Economicus. – 2010. – № 4. – С. 19.

11. Прогнозы по рынку игр: цифры 7 аналитических агентств <https://habrahabr.ru/post/279099/> (дата обращения 21.08.2016).

12. Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2015619922 от 17 сент. 2015 г. РФ, МПК (нет). Программа нейронной сети для оценки риска банкротства предприятия – клиента банка / Н.И. Ломакин, А.В. Копылов, А.Н. Ломакина; ВолгГТУ. – 2015.

13. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015660126 РФ, от 22 сентября 2015г. Аппарат нейронной сети для оценки риска банкротства предприятия – клиента банка / Ломакин Н.И., Московцев А.Ф., Сазонов С.П. // ВолгГТУ. – 2015.

### References

1. *Analitika. Rynok igr.* [Research. games market.] <http://www.therunet.com/articles/5740-analitika-rynok-igr> (accessed date 21.08.2016).

2. *Guzev M.M. Jenciklopedija malogo biznesa* [Guzev M. Encyclopedia of Small Business] // М.М. Guzev, V.N. Glukhov, N.I. Lomakin; Volzhsky Humanitarian Institute. Volgograd 250 p.

3. *ludum A.I.* – <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B3> (accessed date 21.08.2016).

4. *Kak vse uspet: cifrovaja transformacija biznesa* [How to do everything: digital transformation of business]. – <http://www.orange-business.com/ru/blogs/get-ready/upravlenie-it/cifrovaya-trans> (accessed date 21.08.2016).

5. *Litvinova A.V., Parfenova M.V. Instrumenty gosudarstvennogo stimulirovaniya innovacionnoj deyatel'nosti v Rossii* [Litvinova AV, Parfenova MV Tools of state stimulation of innovation activity in Russia (article)] Regional Economics and Management (electronic scientific journal). 2015. no. 3 (43). pp. 51–66.

6. *Loginova E.V. Neoundustrializacija kak vyhod iz krizisa* [Loginova EV neoundustrialization as a way out of the crisis] / Guzev M., Loginova E/Economist. 2009. no. 11. P. 44.

7. *Lomakin N.I. Optimizacija denezhnyh potokov kompanii v sovremennyh uslovijah* [Lomakin, NI Optimization of the companys cash flows in the current conditions] / Lomakin N.I., Tomina II // In the world of scientific discoveries. 2012. no. 5.2. pp. 209–218.

8. *Lomakin N.I. Poisk priblyznoj strategii trejdera na rynke FORTS* [Lomakin, NI Search a profitable trader strategy on FORTS] / Lomakin market NI // Saarbrucken, 2012. 154 p.

9. *Plaksunova T.A. Chelovecheskij kapital v innovacionnoj jekonomike* [Plaksunova, TA human capital in the innovation economy] / TA Plaksunova // Terra Economicus. 2010. no. 4. pp. 19.

10. *Plaksunova T.A. Nanoobrazovanie v perspektivah modernizacii vysshego obrazovanija* [Plaksunova TA Nanoeducation in the modernization of higher education prospects] // Slavic forum. Bulgari, Burgas: Publishing House of the Institute of Humanities, Economics and Information Sciences. no. 1 (3). pp. 225–230.

11. Прогнозы по рынку игр: цифры 7 аналитических агентств [Forecasts game market: numbers 7 analytical agencies] <https://habrahabr.ru/post/279099/> (accessed date 21.08.2016).

12. Свид. о гос. регистрации программы для JeVM no. 2015619922 от 17 сент. 2015 г. РФ, МПК (нет). Программа нейронной сети для управления структурой активов и пассивов банка [Testimonies. of state. registration of the computer program no. 2015619922 dated 17 September. 2015 RF, MPK (no). neural network software to manage the structure of banks assets and] / N.I. liabilities Lomakin, A. Kopylov, A.N. Lomakin; VSTU. 2015.

13. Свид. о гос. регистрации программы для JeVM no. 2015660126 от 22 сент. 2015 г. РФ, МПК (нет). Аппарат нейронной сети для оценки риска банкротства предприятия клиента банка [Testimonies. of state. registration of the computer program no. 2015660126 dated 22 September. 2015 RF, MPK (no). The device is a neural network to assess the risk of bankruptcy the bank / client] NI Lomakin, AF Moskovtsev, SP Sazonov; VSTU. 2015.

## ПОДУШКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В НАКОПИТЕЛЬНОМ СТРАХОВАНИИ ЖИЗНИ

Останин В.А.

*Владивостокский филиал, Российская таможенная академия,  
Владивосток, e-mail: ostaninva@yandex.ru*

В статье накопительное страхование жизни рассматривается как форма осуществления процессов сбережения, накопления и инвестиций в человеческий капитал. Последнее не столько способно наращивать богатство индивидов и домашних хозяйств, сколько обеспечивает формирование финансовой подушки и повышает экономическую безопасность индивидов. Накопление страхового капитала в накопительном страховании жизни видоизменяет известное макроэкономическое тождество, включая в модель дополнительно ту долю сбережений, которая трансформируется в страховые премии в накопительном страховании жизни. Накопительное страхование жизни следует рассматривать в сущности, как единую форму осуществления процессов сбережения, распределения накоплений между настоящим и будущим, сам процесс накопления и инвестиций. Качество жизни и его повышение в результате реализации накопительного страхования жизни может быть формализовано в известной модели Рамсея. Страхование на дожитие есть не только инвестиции в накопительное страхование, они принимают традиционную модель инвестиций в человеческий капитал. Это может быть выражено в модели предпочтения потребления и представлено в функции полезности.

**Ключевые слова:** подушка безопасности, экономическая безопасность, накопительное страхование жизни, накопленные страховые резервы личного накопительного страхования жизни

## SAFETY RESERVES IN THE ACCUMULATIVE LIFE INSURANCE

Ostanin V.A.

*Vladivostok branch of the Russian Customs Academy, Vladivostok, e-mail: ostaninva@yandex.ru*

Cumulative life insurance is studied as form of process of making savings and investment in human capital. The latter not only able to increase the wealth of individuals and households, but also provides the formation of a financial cushion and increase the economic security of individuals. Accumulation of insurance capital in the life insurance modifies known macroeconomic identity, adding additional share of savings, which is transformed into insurance premiums in life insurance, into the model. Keywords: economic security, law enforcement authorities, custom authorities, risks, delict-management, global uncertainty, political markets. Endowment life insurance should be considered essentially as a single form of the process savings, savings distribution between present and future, the process of accumulation and investment. Quality of life and its increase as a result of life insurance can be formalized in the famous Ramsey model. endowment insurance is not only an investment in the endowment insurance, they take the traditional model of investment in human capital. This can be expressed in a model of consumer preferences and presented in the utility function.

**Keywords:** pillows economic security, economic security, endowment life insurance, personal insurance reserves accumulated life insurance

### Постановка научной проблемы в общем виде и её связь с важными научными и практическими задачами

Важнейшая задача страхования жизни в конечном счете сводится к накоплению и перераспределению ресурсов отдельным лицом, либо некоторым страховым сообществом, и финансированию возможных потерь от материального ущерба домашнему хозяйству или иным близким ему лицам, наносимого преждевременной смертью определенного лица, как правило, кормильца, или же в финансовом обеспечительном накоплении на старость некоторой суммы, а также в формировании и распределении накопленных страховых сумм на иные цели, например страхование детей, накопление пожизненных доходов и прочее. «В форме страхования организуется... также и материальная помощь, оказываемая государством, обществен-

ными и частными учреждениями в случае временной или окончательной утраты ими трудоспособности» [3, с. 11].

В страховании жизни принимают участие институты государства, а также общественные коммерческие и некоммерческие организации, которые также реализуют отмеченные цели страхования жизни в случае полной или частичной потери трудоспособности работников, в также при формировании страховых фондов на реализацию обеспечительных мероприятий, касающихся жизни людей, например страхования пожизненных аннуитетов. Теоретическая проблема в теории страхования лежит в моделях накопления, распределения богатства, которые будут оптимальными с позиций обеспечения экономической безопасности граждан и домашних хозяйств, а также нивелирования рисков, лежащих в самом процессе накопительного страхования жизни.

### Анализ последних исследований и публикаций по рассматриваемой проблеме

Как отмечает известный российский ученый С.Е. Савич, путем постепенного сбережения, производительно и осторожно помещаемого, отдельное лицо может обеспечить себя самого на старость или близких ему людей на случай смерти или в случае утраты трудоспособности в молодых годах. Однако сделанные сбережения в таких случаях будут слишком ничтожными сравнительно с ущербом, причиненным по причине утраты заработка. Потому в страховании к сбережению присоединяется еще распределение накопленных страховым сообществом целевых сбережений. Это распределение накопленных сбережений страхового сообщества дает дополнительное обеспечение и тем, кому смерть или несчастный случай помешали бы полностью осуществить цель их участия в общем сбережении [3, с. 11–12].

Суть страхования, каким её усматривает в данной работе С.Е. Савич и практически все современное российское и зарубежное научное страховое сообщество, заключается в самом принципе распределения коллективных сбережений, в соответствии с которым определяется доля каждого участника в страховых премиях, производимых каждым. И хотя эта доля и соразмерна с действительно сделанным каждым страхователем индивидуальным сбережением, тем не менее она не пропорциональна ему. Можно утверждать, что коллективное страхование жизни практически никогда не обеспечит равенство внесенных премий и получаемого страхового возмещения для отдельного страхователя. Однако это равенство примерно будет соблюдаться для всего страхового сообщества, если не принимать во внимание расходы на ведение дел и доходы, которые могут быть получены от размещения накопленных сбережений в доходные активы. «Здесь каждому из группы участников, приступивших к страхованию на одинаковых условиях, при наступлении обстоятельства, предусмотренного страхованием, выдаётся сумма, которую сберег бы средний участник, если бы смертность, наступление неспособности к труду, дожитие и прочие явления шли бы по определенному закону, предусмотренному при заключении страхования» [3, с. 12].

Однако это сослагательное наклонение в суждении естественным образом отпадает, если это множество страхового со-

общества вырождается в конкретное лицо. Вся накопленная сумма не теряет своего существенного признака оставаться накопленным страховым резервом, обеспечивающего финансирование непредвиденных расходов в связи с потерей доходов при наступлении страхового события. Однако в этом случае страхование приобретает специфическую форму самострахования, что не лишает его существенных родовых признаков (*genus procsimum*) понятия «страхования». Компенсационная господствующая форма страхования и самострахование есть не более как специфические формы (*differentia specifica*) родового понятия «страхование» вообще.

### Формирование целей статьи и постановка научной проблемы

Как показывает практика существования домашних хозяйств (*household*), как традиционная модель страхования, так и модель накопления страховых резервов, заначек на «черный день» всегда уживались практически в каждом домашнем хозяйстве. Причем каждая форма обладала своими специфическими возможностями, преимуществами и недостатками. Финансовые ресурсы страховой природы, накопленные домашними хозяйствами в форме «заначек на черный день», превышают по своим размерам те страховые накопления, которые осуществлялись при посредничестве страховых организаций.

Однако суть страхования, понимаемая как форма человеческого общежития, обеспечивающая экономически и не только защиту материальных условий собственного воспроизводства жизни, сохранилась. Потому полагаем, что сводить суть страхования исключительно к компенсационной перераспределительной модели страхования было бы научно некорректно и противоречило бы всей практике организации человеческого «общего жития», по С. Саровскому.

Возможности самострахования существенно возросли в связи с появлением новых финансовых и банковских технологий, которые становятся доступными для широкого круга физических лиц в государстве. Последнее требует от домашних хозяйств большей финансовой грамотности, способности просчитывать риски, вероятности наступления случайных событий, а также способности генерировать достаточные и относительно избыточные доходы, которые уже могут перекрывать потребности финансирования текущего потребления.

Таким образом страхование жизни следует рассматривать, в сущности, как единую форму осуществления процессов сбережения, распределения накоплений между настоящим и будущим, а также сам процесс финансирования инвестиций.

#### **Изложение основного материала исследования и обоснование полученных научных результатов**

Если все доходы работника, домашнего хозяйства условно обозначить как  $Y$ , то большая доля дохода будет направлена на текущее потребление  $C$ , а оставшаяся доля будет сбереженным доходом  $S$ . Это может быть представлено известной из макроэкономики и работ Дж.М. Кейнса моделью:

$$Y = C(y) + S(y). \quad (1)$$

Накопленные лицами и домашними хозяйствами сбережения  $S$  будут трансформироваться в инвестиции.

При этом всегда будет выполняться простейшая модель равенства сбережений и инвестиций, т.е.

$$S(y) = I(y, i, r). \quad (2)$$

Инвестиции, которые осуществляет домашнее хозяйство или конкретное лицо, могут приобретать различные направления, например инвестиции в недвижимость, в ценные бумаги, банковские депозиты, иные финансовые инструменты, в приобретение товаров длительного пользования, наконец, в создание денежных фондов, которые уже могут размещаться как в банковской сфере, в различных микрофинансовых организациях, так и в самой кассе домашнего хозяйства. Это вытекает из того известного как из теории, так и практики управления денежными фондами в рамках непосредственно самого домашнего хозяйства. Данные инвестиции, которые есть результат сбережений, объясняются так называемым предпочтением ликвидности. Эти накопления по своей экономической природе есть страховые резервы на непредвиденные расходы, которые подпадают под признак случайных событий, и осуществляются домашними хозяйствами в концепции модели самострахования. Тем самым инвестиции в накопительные страховые активы не столько ориентированы на доходность, сколько на сохранение дохода и соответствующие при этом риски.

Полагаем, что приведенное простейшее макроэкономическое тождество сбережений и инвестиций нуждается в теоретическом переосмыслении и дополнении к тому, что было оставлено научным наследием Дж.М. Кейнса [2] У Дж.М. Кейнса сбережения являлись функцией дохода, или  $S = S(Y)$ , что может быть принято в качестве исходного в нашей модели. Однако, если разложить эти сбережения на составляющие, то можно отметить тот факт, что уже в рамках сбережений домашними хозяйствами следует принимать во внимание тот факт, что распределение суммарного дохода на потребление и сбережение будет предопределено и склонностью к рискам самой личности.

Как отмечал Дж.М. Кейнс, размер потребления, которое общество затрачивает в течение определённого периода времени, частично зависит и от величины дохода, от других объективных обстоятельств, а также и от субъективных потребностей, психологических склонностей, привычек отдельных его членов, а также от принципов, на основании которых совокупный доход распределяется между участниками хозяйственного процесса [2, с. 92–93]. Подобное и более детальное изложение этого процесса сбережения и инвестирования проводилось представителями западной экономической школы [3; 4], а также и представителями российской научной школы [1].

Так, лицо может пойти и идет на ограничение своего текущего потребления, принимая во внимание фактор риска. Последнее подталкивает его на действия по ограничению текущего потребления  $C$  в пользу формирования дополнительного резерва для формирования финансовой страховой подушки. Это фактически будет приводить к снижению экономических рисков и укреплению экономической безопасности домашнего хозяйства. В результате это основное макроэкономическое тождество может быть уже представлено в виде

$$Y = C(c) + S(s, r). \quad (3)$$

Здесь предполагается, что сбережения расщепляются на две составляющие: сбережения, которые будут трансформироваться в инвестиции в традиционные активы  $S(s)$ , и сбережения, которые предназначены для финансирования инвестиций в страхование  $S(r)$ . В результате формула (1) принимает более усложнённую модель, а модель

Дж.М. Кейнса может быть уже представлена в следующем виде:

$$S(s, r) = S(s) + S(r) \quad (4)$$

и

$$(c) + (s) + (r) = 1, \quad (5)$$

где  $(c)$  – предельная склонность к потреблению;  $(s)$  – предельная склонность к сбережению;  $(r)$  – предельная склонность к риску.

Следовательно, страхование невозможно без сбережений, и только откладывая часть своего дохода или заработка, ограничивая тем самым текущее потребление, лицо, домашнее хозяйство становится участником процесса страхования, суть которого в приобретении защиты, т.е. снятия или снижения рисков, что одновременно будет предполагать повышение уровня экономической защищенности или экономической безопасности. Одновременно следует сделать важный для теории страхования вывод о том, что сам процесс инвестирования в страховую защиту есть одновременно и процесс страхования, а само страхование уже не ограничивается исключительно компенсационной моделью перераспределения, а охватывает и ту область, которая лежит в отношениях самострахования.

Теперь уже инвестиции в страхование приобретают экономическую форму страховых премий, которые страхователь уплачивает страховщику. В модели традиционного компенсационного страхования премия становится платой за приобретенную у страховщика страховую услугу. Если же премия остается у самого страхователя, то она инвестируется либо в предупредительные мероприятия, которые снижают вероятность наступления страхового события, либо накапливаются и затем инвестируются в высоколиквидные финансовые активы, формируя таким образом финансовую подушку страхователя. Эта финансовая подушка повышает экономическую безопасность самого страхователя. Проблема поиска эффективной модели поведения граждан, домашних хозяйств усложняется, если принимать во внимание высокую волатильность глобальных финансовых рынков и эволюцию сущности финансов в современной экономике [7; 8; 9].

Данные страховые резервы могут накапливаться продолжительное время, а будучи размещенными в краткосрочные высоколиквидные активы, например в краткосрочные банковские депозиты, они при-

носят не только невысокий банковский процент, но и повышают экономическую безопасность страхователя. Этот процесс формирования финансовой подушки может быть объяснен нами субъективными предпочтениями самого страхователя, его стремлением образовать резервы на случай непредвиденных обстоятельств, стремлением обеспечить сбережения. На определенном этапе накопления дохода индивиды могут делать вывод, что соотношение между доходами отдельного человека или семьи и их нуждами в будущем будет отличаться от соотношений, которые уже сложились в семье в настоящее время. При этом ключевую роль в этих отношениях начинает играть потребность человека обеспечить себе, членам домашнего хозяйства достойную старость. Это будет инициировать модель экономического поведения по накопительному страхованию жизни. При этом мы не разделяем основной постулат современной экономической теории о том, что современная стоимость страховых накоплений всегда выше накопленной страховой стоимости в будущем. Если непосредственно следовать данной модели, то будучи логически и последовательно доведенной до конечного результата, она бы исключала вообще потребность в накопительном страховании жизни. Дело в том, что накопительное страхование жизни не преследует основную цель – повышение эффективности вложений. Главный итог видится в том, что накопительное страхование снижает риски потерь, снижения дохода в будущем, когда основной источник получения дохода – заработная плата – исчезает. Именно накопительное страхование жизни не только обеспечивает повышение качества жизни граждан, но и формирует для этого необходимую и доступную по прежним доходам экономическую безопасность граждан и домашних хозяйств.

Качество жизни и его повышение в результате реализации накопительного страхования жизни может быть формализовано в известной модели Рамсея. Страхование на дожитие есть не только инвестиции в накопительное страхование, они принимают традиционную модель инвестиций в человеческий капитал. Это может быть выражено в модели предпочтения потребления и представлено в функции полезности:

$$U_s = \int_0^{\infty} U_{(c_t)} \cdot \exp[-Q(T - S)] dt. \quad (6)$$

Здесь благополучие домашнего хозяйства в момент  $s$  означает полезность в виде дисконтированной суммы мгновенных полезностей  $U_{(C_t)}$ , которая в теории получила термин – «функция счастья». Новизной данной статьи является постановка проблемы дальнейшей формализации модели «функции счастья», путем включения в неё фактора экономической безопасности за счет формирования подушки безопасности.

Параметр  $Q$  в модели отражает нормы предпочтения времени или так называемую субъективную положительную норму дисконта, однако уже с учетом риска.

#### **Выводы исследования и перспективы дальнейших научных изысканий данного направления**

Проблема заключается во взаимосвязке задачи Рамсея и постановке задачи Кейнсом с его обширным перечнем факторов, которые имеют как объективную, так и субъективную природу. Присутствие риска формирует своего рода эффект души, порождает неопределенность бытия, неопределённость существования в будущем, что не может игнорироваться самим индивидом и членами домашнего хозяйства. Эмпирическое определение важнейших параметров скорее напоминает личную позицию исследователя, хотя одновременно следует признать, что даже в подобной форме модель Рамсея дает некоторое существенное видение процесса оценки предпочтений домашнего хозяйства в его стремлении к рационализации поведения, желании обеспечить себе достаточно благоприятные условия существования, когда человек утрачивает свою работоспособность в связи с возрастом. Накопленные страховые резервы становятся личными сбережениями граждан, которые становятся тем самым собственниками факторов собственного самовоспроизводства в конечной инстанции.

Кроме этого необходимо учитывать экономические факторы ограничения у индивидов доступа к распоряжению накопленными страховыми резервами при накопительном страховании жизни, возможность использования в повседневной жизни специфики организации страховой стратегии и тактики в отношении ресурсов, владельцами которых они являются. Это повышает, по терминологии Н. Талеба, антихрупкость экономической

системы, в данном случае домашнего хозяйства [5], или фактора «жизненности» домашнего хозяйства [4].

Возможности формирования финансовых и иных экономических подушек в совокупности с предоставленными возможностями развития финансовых, банковских и страховых технологий, включая и возможности самострахования домашних хозяйств, позволят в конечном счете обеспечить большую степень экономической безопасности и усиления фактора «жизненности» домашних хозяйств. Это может и должно составить новое направление в развитии теории страхования, преодолевая тем самым недостатки современного вектора её развития. Как показывают обзоры современной теории страхования, следует признать, что собственно теорией страхования жизни в настоящее время называют обыкновенно приемы, методы производства страховых расчетов.

#### **Список литературы**

1. Глухов В.В., Останин В.А. Инвестиционное поведение домашних хозяйств. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. – 156 с.
2. Кейнс Дж.М. Общая теория занятости, процента и денег. – М.: Гелиос АРВ. 2002. – 534 с.
3. Савич С.Е. Элементарная теория страхования жизни и трудоспособности. – 3-е изд., исправ., с доп. – М.: Янус-К, 2003. – 496 с.
4. Кривелевич М.Е., Останин В.А. Развитие финансового рынка как фактор экономической безопасности Российской Федерации // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 9–1. – С. 141–145.
5. Талеб Нассим Николас. Антихрупкость. Как извлечь выгоду из хаоса / Нассим Николас Талеб; пер. с англ. – М.: КоЛибри, Азбука-Аттикус, 2014. – 768 с.
6. Barnea A, Cronqvist H, Siegel S. Nature or nurture: What determines investor behavior? // *Journal of Financial Economics*. – 2010. – № 98. – P. 583–604. – URL: <https://static.squarespace.com/static/519952cee4b0079d49c7b0f9/519953c1e4b0781e36c49b1c/519953c1e4b0781e36c49b21/1357337680023/barnea.pdf>. (дата обращения: 01.08.16).
7. Glukhov V.V., Ostanin V.A. Formation of Theoretical Aspects of Financial Science at Internationalization of Economic Relations // *Middle-East Journal of Scientific Research* 13 (Socio-Economic Sciences and Humanities). – 2013. – P. 95–100.
8. Glukhov V.V., Lialina Z.I., Ostanin V.A. Meaning and Essence of Finance in Context of Internationalization of Economic Science in Russia // *World Applied Sciences Journal*. – 2014. – № 30 (11). – P. 1537–1541.
9. Vladimir Glukhov, Zhanna Lialina and Vladimir Ostanin. Theoretical Basic Concepts of Interaction of Money and Finances // *Middle-East Journal of Scientific Research*. – 2013. – № 17 (1). – P. 06–10. – <http://www.dalost-inno.ru/html/library/Fin1.pdf>.
10. Sumit Agarwal, John C. Driscoll, Xavier Gabaix, David Laibson. 2009. The Age of Reason: Financial Decisions over the Life-Cycle with Implications for Regulation. October 19. – URL: [http://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/4554335/Laibson\\_AgeofReason.pdf?sequence](http://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/4554335/Laibson_AgeofReason.pdf?sequence) (дата обращения: 01.08.16).

**References**

1. Gluhov V.V., Ostanin V.A. Investitsionnoe povedenie domashnih hozyaystv / V.V. Gluhov, V.A. Ostanin. Vladivostok: Izd-vo Dalnevost. un-ta, 2009. 156 p.
2. Keynes Dzh. M. Obschaya teoriya zanyatosti, protsenta i deneg. M.: Gelios ARV, 2002. 534 p.
3. Savich S.E. Elementarnaya teoriya strahovaniya zhizni i trudospobnosti. Izd.3-e, ispravlennoe, s dopolneniyami. M. Yanus-K, 2003. 496 p.
4. Krivelevich M.E., Ostanin V.A. Razvitie finansovogo ryinka kak faktor ekonomicheskoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii // Fundamentalnyie issledovaniya. 2016. no. 9 (Chast 1). pp. 141–145.
5. Taleb Nassim Nikolas. Antihrupkost. Kak izvlech vyigodu iz haosa / Nassim Nikolas Taleb; Per. s angl. M.: KoLibri, Azbuka-Attikus, 2014. 768 p.
6. Barnea A, Cronqvist H, Siegel S. 2010. Nature or nurture: What determines investor behavior? *Journal of Financial Economics*. 98: 583–604. URL: <https://static.squarespace.com/static/519952cee4b0079d49c7b0f9/519953c1e4b0781e36c49b1c/519953c1e4b0781e36c49b21/1357337680023/barnea.pdf>. (data obrascheniya: 01.08.16).
7. Glukhov V.V., Ostanin V.A. Formation of Theoretical Aspects of Financial Science at Internationalization of Economic Relations // *Middle-East Journal of Scientific Research* 13 (Socio-Economic Sciences and Humanities): 95–100, 2013.
8. Glukhov V.V., Lialina Z.I., Ostanin V.A. Meaning and Essence of Finance in Context of Internationalization of Economic Science in Russia // *World Applied Sciences Journal* 30 (11): 1537–1541, 2014.
9. Vladimir Glukhov, Zhanna Lialina and Vladimir Ostanin. Theoretical Basic Concepts of Interaction of Money and Finances // *Middle-East Journal of Scientific Research* 17 (1): 06–10, 2013 / <http://www.dalost-inno.ru/html/library/Fin1.pdf>. (data obrascheniya: 01.08.16).
10. Sumit Agarwal, John C. Driscoll, Xavier Gabaix, David Laibson. 2009. The Age of Reason: Financial Decisions over the Life-Cycle with Implications for Regulation. October 19. URL: [http://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/4554335/Laibson\\_AgeofReason.pdf?sequence=2](http://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/4554335/Laibson_AgeofReason.pdf?sequence=2). (data obrascheniya: 01.08.16).

УДК 338.46

**СТРАТЕГИЧЕСКИЙ МАРКЕТИНГ В СФЕРЕ УСЛУГ****Подопригора М.Г., Губа В.В.***ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону,  
e-mail: mgpodorigora@sfnedu.ru, vvyba@sfnedu.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию различных методов и инструментов построения маркетинговой стратегии предприятий сферы услуг. Проводится анализ моделей построения маркетинговых стратегий, таких как модель «Анализ трех К», модель «Три ценностных критерия», модель управления клиентскими отношениями, а также при выборе одной из возможных типовых стратегий маркетинга был применен простой и наглядный, аналитический и эффективный инструмент – матрица Ансоффа, суть которой заключается в выборе одной из четырех базовых стратегий достижения целей стратегического развития компании на рынке. В дополнение к матрице Ансоффа необходимо использовать метод аддитивной свертки, что позволит определить траекторию движения организации и учесть потенциальные риски при выборе варианта маркетинговой стратегии. Использование этих двух инструментов позволит максимально точно определить существующие рынки реализации, сегмент потребительского спроса, задать градиент роста организации исходя из реальной позиции на рынке, определить конкурентные преимущества производимых на данный момент продуктов и предложений в будущем. Применение матрицы Ансоффа и метода аддитивной свертки позволяет выбирать наиболее оптимальный вариант из различных комбинаций маркетинговых стратегий.

**Ключевые слова:** сфера услуг, стратегический маркетинг, методы и инструменты

**STRATEGIC MARKETING IN THE FIELD OF SERVICES****Podorigora M.G., Guba V.V.***Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: mgpodorigora@sfnedu.ru, vvyba@sfnedu.ru*

This article is dedicated to the study of various methods and instruments of the entities service trade marketing strategy creation. The analysis of models of marketing strategies creation such as, model «The analysis of three «To», the «Three Valuable Criteria» model, management model the client relations, and also in case of the choice of one of possible standard marketing strategies was applied the simple and evident, analytical and effective tool – Ansoff's matrix which essence consists in the choice a one of four basic strategy of goal achievement of a strategic development of the company in the market is carried out. In addition to Ansoff's matrix it is necessary to use a method of additive rollup that will allow to determine a trend of an organization movement and to consider potential risks in case of the choice an option of marketing strategy. Use of these two tools will allow to determine most precisely the existing implementation markets, a segment of the consumer demand, to set a gradient of growth the organization proceeding from a real line item in the market, to determine competitive advantages of the products and offers made at the moment in the future. Application a matrix of Ansoff and a method of additive rollup, allows to choose the most optimal variant from various combinations of marketing strategies.

**Keywords:** services, strategic marketing, methods and tools

Рынок бытовых услуг в России в целом имеет стабильно положительную динамику. Так, в 2015 году, согласно данным Федеральной службы государственной статистики [6], его объем составил 877938 млрд руб., обозначив прирост 101,1% к предыдущему году (рис. 1).



Рис. 1. Динамика объема рынка бытовых услуг в России

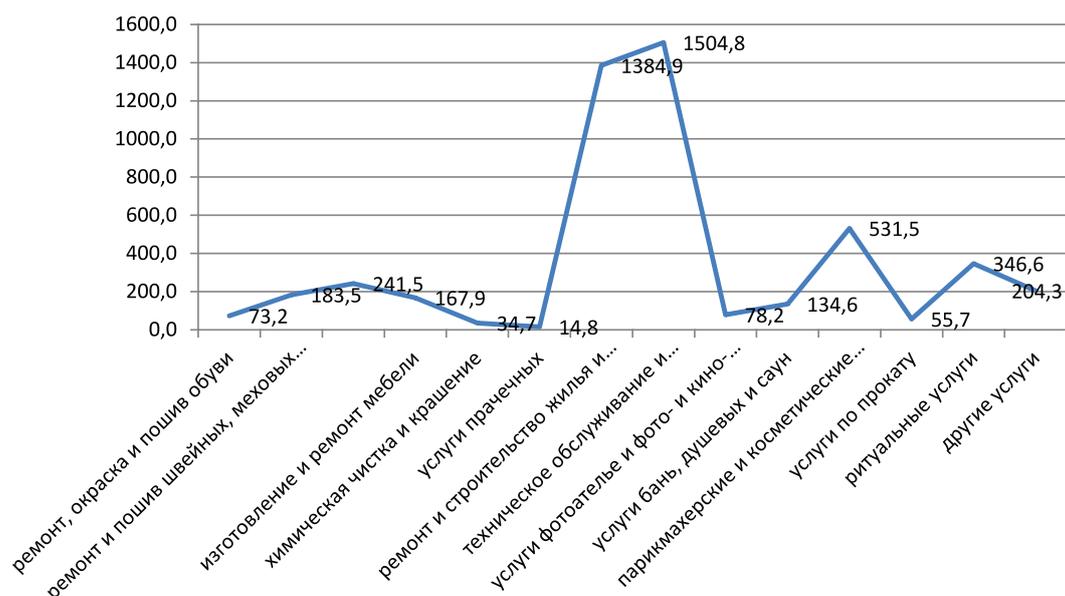


Рис. 2. Средний объем бытовых услуг на душу населения по видам деятельности в 2013–2015 гг. (в рублях)

При этом среднее значение объема бытовых услуг на душу населения по видам деятельности за последние три года имеет следующий вид (рис. 2). Как можно заметить, наибольшие показатели демонстрируют услуги, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом транспортных средств, машин и оборудования, ремонтом и строительством жилья, далее с большим отрывом – косметические и парикмахерские услуги.

Наблюдаемая в Российской Федерации положительная динамика роста рынка бытовых услуг свидетельствует о стабильном наличии и увеличении материальных и нематериальных потребностей граждан и предприятий, способных быть удовлетворенными данным типом организаций. Именно поэтому в сложившихся условиях актуален вопрос об эффективном осуществлении маркетинговой деятельности в сфере услуг, направленной, прежде всего, на повышение качества деятельности с учетом средовых факторов.

**Целью** данного исследования является анализ применимости различных методов и инструментов построения маркетинговой стратегии предприятий сферы услуг.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Существует великое множество моделей построения маркетинговых стратегий. Наряду со всем известными моделями такими, как SWOT-анализ, анализ конкурентов, ма-

трицы БКГ, модели Портера, конкурентные стратегии по Ф. Котлеру [4; 7], есть и альтернативные модели построения стратегии. Это такие модели, как анализ трех «К», три ценностных критерия, матрицы SPACE, рисков и оценки возможностей, а также др. Рассмотрим некоторые из них.

Модель «Анализ трех К» была разработана Субхаш С. Джейн, профессором маркетинга в Школе делового администрирования Университета штата Коннектикут, (США) и заключается в следующем. Основной задачей маркетинговой стратегии, особенно для предприятий в сфере услуг, является то, что организации необходимо проявить свои явные преимущества и лучшее качество обслуживания, тем самым обозначить себя среди конкурентов. В хорошо разработанной маркетинговой стратегии должен быть четко определен рынок, преимущества компании должны соответствовать потребностям рынка, компания должна иметь преимущество в основных сферах деятельности, за которые идет конкурентная борьба. Вместе эти три «К» («Компания», «Клиенты», «Конкуренты») составляют треугольник стратегии маркетинга. Для разработки маркетингового плана необходимо учитывать существующие и требующиеся отношения между «Компанией» (имеющиеся и потенциальные сильные и слабые стороны), ее «Клиентами» (обслуживаемыми и необслуживаемыми) и «Конкурентами» (имеющимися и потенциальными). Основной целью является достижение максимального

положительного преимущества, и для этого предприятиям сферы услуг необходимо детерминировать:

- среду конкуренции (формулировка рынка);
- способы ведения конкуренции (выявление средств конкуренции);
- когда вести конкуренцию (выбор времени для конкурентных акций) [2; 7].

Авторами модели «Три ценностных критерия» являются маркетологи Майкл Трейси и Фред Вирсема, они предлагают направлять стратегическое планирование на один из трех важных критериев:

- отлаженность операционной деятельности;
- доверительные отношения с клиентами;
- преимущество продукта.

Отлаженность операционной деятельности должна обеспечивать лучшие цены в отрасли. Таким образом, необходимо оптимизировать бизнес-процессы, повысить эффективность работы предприятия и снизить стоимость продукции для потребителей. В данном случае, по мнению авторов, прибыль должна поступать за счет снижения затрат, а не за счет увеличения цен.

Также существует еще один источник роста, а именно управление клиентскими отношениями.

Компании, стремящиеся к доверительным отношениям с клиентами, приспосабливают свои продукты к потребностям сегментов рынка. Конкурентоспособность организаций основана на обслуживании высокого качества и удовлетворении потребностей потребителей, чем на более низ-

ких ценах. Рассматривая эту точку зрения, маркетологи подчеркивают, что, регулируя критерий доверительные отношения с клиентами, компании могут получать прибыль за счет более высоких цен, а не за счет низких расходов.

Представленные выше критерии в чем-то схожи со стратегиями Майкла Портера, а третий можно назвать инновационным. Организации, которые следуют стратегии превосходства продукта, делают упор на регулярное и быстрое внедрение новинок. Лидеры отрасли одновременно представляют несколько новых инновационных продуктов, и конкуренты вынуждены постоянно гнаться за фаворитом [2].

Особый интерес при выборе одной из возможных типовых стратегий маркетинга представляет матрица Ансоффа (матрица роста товара/услуги-рынка) – аналитический инструмент стратегического планирования, представляющий собой четыре квадранта распределения новых и существующих рынков и товаров компании, определяющие выбор конкретной стратегии [5]. Существует определенная закономерность точности прогноза продажи товаров/услуг, подтвержденная на практике и полностью применимая в сфере бытовых услуг (табл. 1).

Данная таблица может находить себе применение на практике следующим образом: предположим, что менеджеру организации необходимо принять решение о том, каким будет план реализации услуг в следующем году. К примеру, ожидается получить 7 млн руб. (табл. 2).

Таблица 1

Точность прогнозов продаж по матрице Ансоффа [1, с. 83–89]

	Существующий продукт	Новый продукт
Существующий рынок	точность прогноза – 90–100%	точность прогноза – 60–70%
Новый рынок	точность прогноза – 40–50%	точность прогноза – 10–20%

Таблица 2

Распределение плана продаж по квадрантам матрицы Ансоффа

	Существующий продукт	Новый продукт
Существующий рынок	3 млн руб.	1,8 млн руб.
Новый рынок	1,2 млн руб.	1 млн руб.

Для того чтобы определить вероятностный объем продаж, можно воспользоваться данными табл. 1–2:

– пессимистический вариант – объем реализации услуг с нижними границами вероятностей:

$$3 \text{ млн руб.} \cdot 90\% + 1,8 \text{ млн руб.} \cdot 60\% + 1,2 \text{ млн руб.} \cdot 40\% + 1 \text{ млн руб.} \cdot 10\% = 4,36 \text{ млн руб.}$$

– оптимистический вариант – объем реализации услуг с верхними границами вероятностей:

$$3 \text{ млн руб.} \cdot 100\% + 1,8 \text{ млн руб.} \cdot 70\% + 1,2 \text{ млн руб.} \cdot 50\% + 1 \text{ млн руб.} \cdot 20\% = 5,06 \text{ млн руб.}$$

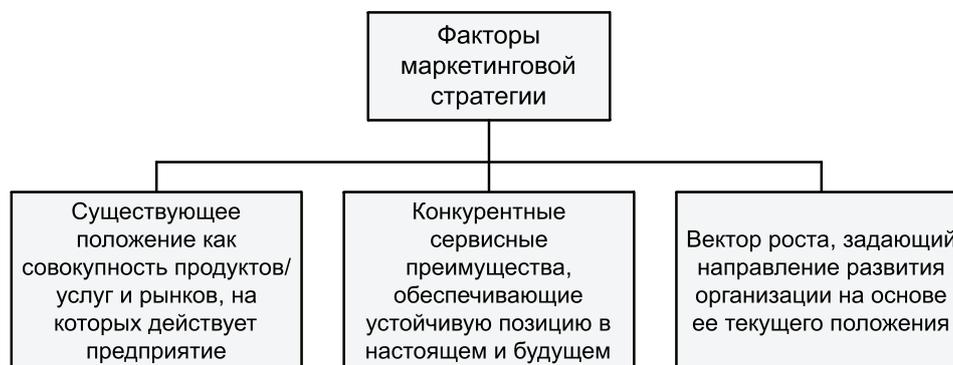


Рис. 3. Факторы маркетинговой стратегии организации

В предложенном варианте с объемом реализации бытовых услуг 7 млн руб. можно, усреднив, ожидать 4,71 млн руб. Можно взять другой план продаж (вместо 10 млн руб. – 5 млн руб.), либо провести поиск резервов, новых клиентов, либо подумать о возможности иной расстановки в матрице Ансоффа. Однако это не означает, что компании необходимо полностью отказаться от риска и все свои подходы базировать только на первой клетке матрицы. Менеджеры, работающие в рамках только одной первой клетки, обрекают свою компанию на стагнацию и потерю динамики, однако креативность и рискованность не должны быть чрезмерными, все должно быть просчитано и разумно. Не стоит забывать, что существуют три главных фактора, которыми должна определяться эффективная маркетинговая стратегия компании (рис. 3). Только при условии учета и сбалансированности всех трех составляющих доля и объем рынка организации сферы услуг будут постоянно расти [4].

При желании увеличения собственной доли рынка компания, оказывающая услуги, может также воспользоваться методом аддитивной свертки. Вначале необходимо определить альтернативы стратегий по продвижению услуг организации:

1. Диверсификация (стратегия  $a_1$ ) – возможна тогда, когда у фирмы имеется технологическая и ресурсная совместимость функционирующего и нового бизнеса. Это, например, может быть открытие магазина принадлежностей для парикмахерской при салоне красоты.

2. Модификация существующих услуг (стратегия  $a_2$ ) – понадобятся дополнительные расходы на улучшение технологий, переоборудование мощностей, переобучение персонала, что в свою очередь позволяет обеспечить повышение качества услуг. Применение данной стратегии также позволяет привлекать новых клиентов, что приводит к перераспределению между компаниями долей рынка. В данном случае конкуренция не столь сильна и не является ценовой. Примером может служить дополнительный сервис при сдаче машины в мойку или бесконтактная/сухая мойка автомобиля.

3. Разработка новой услуги (стратегия  $a_3$ ) – данная стратегия требует значительных дополнительных капиталовложений, однако позволяет при успешном исходе какое-то время быть монополистом на рынке, за счет опережения конкурентов, например, по технологическим параметрам развития или уникальности услуги.

4. Поиск новых рынков сбыта (стратегия  $a_4$ ) – в данном случае компания увеличивает объемы продаж за счет вхождения на новый рынок, но это не приведет к перераспределению старого рынка. В данном случае есть риск возникновения конкурентной борьбы и увеличения доли расходов на маркетинг, каналы обслуживания. Например, открытие салона в другом городе или специализированных парикмахерских для детей.

Для оценки альтернатив необходимо определить ряд критериев [3], например:

- затраты на расширение сервиса ( $k_1$ );
- время реализации проекта ( $k_2$ );

Распределение по вариантам стратегий

	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$
	0,2	0,2	0,1	0,05	0,125	0,15	0,05	0,125
$a_1$	150000	8	...	...	...	...	...	...
$a_2$	100000	3	...	...	...	...	...	...
$a_3$	500000	10	...	...	...	...	...	...
$a_4$	350000	2	...	...	...	...	...	...

- затраты на маркетинговые исследования ( $k_3$ );
- управленческие расходы ( $k_4$ );
- риск от потерь ( $k_5$ );
- срок окупаемости ( $k_6$ );
- качество услуг ( $k_7$ );
- цена услуги ( $k_8$ ).

При этом нужно задать вес каждого критерия, после чего для всех вариантов стратегий происходит оценка каждого критерия (табл. 3).

Например, для критерия затраты на расширение сервиса наилучший вариант – 100000 рублей, наихудший – 500000 рублей. Для  $a_1$  получается:

$$(500000 - 150000)/(500000 - 100000) = 0,875.$$

По критерию времени реализации проекта для этой же стратегии:

$$(150000 - 100000)/(500000 - 100000) = 0,125.$$

И так далее по каждому критерию и каждой стратегии.

Присвоив вес каждому коэффициенту, можно найти взвешенные значения и поделиться с вариантом стратегии:

$$W(a_i) = 0,2k_1 + 0,2k_2 + 0,1k_3 + 0,05k_4 + 0,125k_5 + 0,15k_6 + 0,05k_7 + 0,125k_8.$$

### Выводы

Стратегический маркетинг – неотъемлемая составляющая менеджмента компании сферы услуг. Маркетинговые стратегии должны учитывать существующее положение организации, быть направлены на усиление конкурентных преимуществ и определять траекторию эффективного роста и развития предприятия. Соблюдение данных условий возможно при применении матрицы Ансоффа и метода аддитивной

свертки, позволяющих выбирать наиболее оптимальный вариант из различных комбинаций маркетинговых стратегий.

### Список литературы

1. Альтшулер И. Стратегическое управление на основе маркетингового анализа. – М., СПб.: Вершина, 2006. – 224 с.
2. Баканов Г.Б. Стратегический менеджмент [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://bizlog.ru/lib/b8/5\\_3.htm](http://bizlog.ru/lib/b8/5_3.htm) (дата обращения: 11.05.2016).
3. Выбор фирмой стратегии расширения доли рынка методом аддитивной свертки // Планирование решений в экономике [Электронный ресурс]. – URL: <http://ecosyn.ru/page0040.html> (дата обращения: 22.05.2016).
4. Подопригора М.Г., Токарева С.Б. Методика анализа деятельности конкурентов в процессе управления развитием организаций сферы услуг: монография. – Воронеж: ВГПУ; М.: Наука: информ; 2015. – 104 с.
5. Полиенко М. Матрица Ансоффа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://marketopedia.ru/97-matrica-ansoffa.html> (дата обращения: 1.05.2016).
6. Розничная торговля, услуги населению, туризм / Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/retail/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/retail/#) (дата обращения: 20.04.2016).
7. Jain, Subhash C., Marketing: Planning & Strategy, 2000.

### References

1. Altshuler I. Strategicheskoe upravlenie na osnove marketingovogo analiza. M., SPb.: Verzhina, 2006. 224 p.
2. Bakanov G.B. Strategicheskij menedzhment [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://bizlog.ru/lib/b8/5\\_3.htm](http://bizlog.ru/lib/b8/5_3.htm) (data obrashhenija: 11.05.2016).
3. Vybory firmoj strategii rasshirenija doli rynka metodom additivnoj svertki // Planirovanie reshenij v jekonomike [Elektronnyj resurs]. URL: <http://ecosyn.ru/page0040.html> (data obrashhenija: 22.05.2016).
4. Podoprighora M.G., Tokareva S.B. Metodika analiza dejatel'nosti konkurentov v processe upravlenija razvitiem organizacij sfery uslug: monografija. Voronezh: VGPU; M.: Nauka: inform; 2015. 104 p.
5. Polienko M. Matrica Ansoffa [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://marketopedia.ru/97-matrica-ansoffa.html> (data obrashhenija: 1.05.2016).
6. Roznichnaja trgovlja, uslugi naseleniju, turizm / Oficialnyj sajt Federalnoj sluzhby gosudarstvennoj statistiki [Elektronnyj resurs]. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/retail/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/retail/#) (data obrashhenija: 20.04.2016).
7. Jain, Subhash C., Marketing: Planning & Strategy, 2000.

УДК 339.137.2

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПАРКОВ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ-РЕЗИДЕНТОВ

<sup>1</sup>Тиханов Е.А., <sup>1</sup>Криворотов В.В., <sup>2</sup>Чепур П.В.

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, e-mail: tjohn90@mail.ru, v\_krivorotov@mail.ru;

<sup>2</sup>Тюменский индустриальный университет, Тюмень, e-mail: chepur@me.com

Индустриальные парки являются наиболее динамично развивающимся, универсальным и эффективным форматом организации инвестиционных площадок, позволяющим предприятиям с минимальными издержками и в оптимальные сроки создавать современные конкурентоспособные производства. В этой связи актуальна проблема обеспечения дальнейшего развития подобных инвестиционных площадок, нацеленного на улучшение конкурентных позиций, действующих на их территории хозяйствующих субъектов. Авторами предложен алгоритм формирования системы управления развитием индустриального парка в целях повышения конкурентоспособности предприятий-резидентов, в основе которой лежит установление взаимосвязи между количественной оценкой уровня конкурентоспособности резидентов индустриального парка и ключевыми показателями его деятельности. Представлена апробация предложенной системы в целях формирования программы развития индустриального парка «Химический парк «Тагил»», функционирующего на территории Свердловской области.

**Ключевые слова:** индустриальный парк, предприятие-резидент, повышение конкурентоспособности, система управления, система показателей

## DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM OF INDUSTRIAL PARKS DEVELOPMENT MANAGEMENT SYSTEM FORMATION AIMED AT IMPROVING THE COMPETITIVENESS OF RESIDENT ENTERPRISES

<sup>1</sup>Tikhanov E.A., <sup>1</sup>Krivorotov V.V., <sup>2</sup>Chepur P.V.

<sup>1</sup>Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, e-mail: tjohn90@mail.ru, v\_krivorotov@mail.ru;

<sup>2</sup>Industrial University of Tyumen, Tyumen, e-mail: chepur@me.com

Industrial parks are the most dynamically developing, universal and efficient format for the organization of investment areas allowing enterprises to create modern competitive production with minimal costs and in optimal time. In this regard, the problem of the further development of such investment areas aimed at improving the competitive position of economic entities operating on their territory is highly actual. The authors proposed the algorithm of industrial parks development management system formation aimed at improving the competitiveness of resident enterprises, which is based on the establishment of the relationship between the quantitative evaluation of the industrial park residents competitiveness and the key indicators of its activity. Presented approbation of the proposed system in order to create a program of development of the industrial park «Chemical Park «Tagil» functioning on the territory of Sverdlovsk region.

**Keywords:** industrial park, resident enterprise, improving the competitiveness, management system, system of indicators

На сегодняшний день наиболее динамично развивающимся, универсальным и эффективным форматом организации инвестиционных площадок являются индустриальные парки, позволяющие предприятиям с минимальными издержками и в оптимальные сроки создавать современные конкурентоспособные производства. Предприятия, размещающие производства на территории индустриальных парков, получают целый комплекс преимуществ, к ключевым из которых относятся сокращение временных и финансовых затрат на организацию производства, близость рынков сбыта и трудовых ресурсов, выгодное

месторасположение по отношению к транспортным магистралям, адресная административная и финансовая поддержка резидентов индустриальных парков со стороны государства [1].

Учитывая, что повышение конкурентоспособности отечественной промышленности является одним из главных приоритетов развития национальной экономики, а индустриальные парки обеспечивают создание благоприятных условий для наращивания конкурентоспособности предприятий, особую значимость приобретает проблема обеспечения дальнейшего развития подобных инвестиционных площадок, нацеленного

на улучшение конкурентных позиций, действующих на их территории хозяйствующих субъектов.

В основе предлагаемой авторами системы управления развитием индустриальных парков в целях повышения конкурентоспособности предприятий-резидентов лежит установление взаимосвязи между количественной оценкой уровня конкурентоспособности резидентов индустриального парка и ключевыми показателями его деятельности. В целях обеспечения практического применения формируемой системы в процессе моделирования взаимосвязи обозначенных показателей должны быть в совокупности соблюдены следующие требования:

1. Функциональная зависимость между уровнем конкурентоспособности резидентов индустриального парка и показателями функционирования площадки должна быть установлена с использованием широко применяемого математического аппарата.

2. Используемые в расчетах исходные данные должны быть репрезентативными, то есть охватывающими достаточно продолжительный временной отрезок.

3. Итоговой представляется оценка уровня конкурентоспособности не отдель-

но взятого резидента индустриального парка, а группы якорных резидентов, что обеспечивает формирование наиболее объективной модели и позволяет в последующем осуществить разработку комплекса мероприятий, направленных на повышение конкурентоспособности группы наиболее крупных предприятий.

Алгоритм построения модели взаимосвязи между показателями деятельности индустриального парка и уровнем конкурентоспособности его резидентов представлен на рис. 1 и включает следующие этапы:

1. Сбор исходных данных для расчетов за несколько последовательных периодов. В целях обеспечения репрезентативности данных расчет показателя конкурентоспособности группы якорных резидентов индустриального парка и показателей функционирования промпарка осуществляется не менее чем за пять аналогичных временных периодов.

2. Установление корреляционных взаимосвязей между показателем конкурентоспособности группы якорных резидентов и каждым из показателей функционирования индустриального парка.

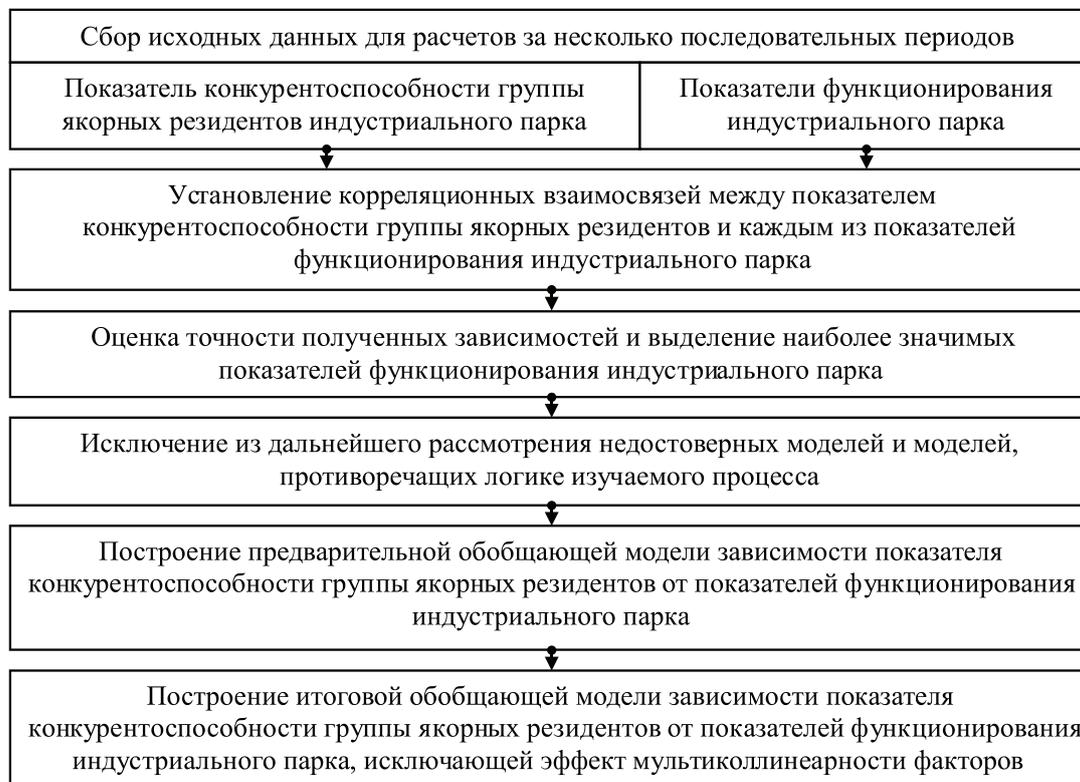


Рис. 1. Алгоритм построения модели зависимости показателя конкурентоспособности группы якорных резидентов от показателей функционирования индустриального парка

В основу моделирования зависимости рассматриваемых показателей положен метод корреляционно-регрессионного анализа, являющийся основным в практике изучения взаимосвязей между различными явлениями, процессами и характеризующими их величинами. Корреляционно-регрессионные модели позволяют установить функциональную взаимосвязь и степень влияния показателей деятельности индустриального парка на уровень конкурентоспособности резидентов площадки. Формируемая на первоначальном этапе система моделей, характеризующих зависимость показателя конкурентоспособности группы якорных резидентов от каждого из показателей функционирования промпарка, имеет следующий вид:

$$K = f(P_1, P_2, \dots, P_n), \quad (1)$$

где  $K$  – значение показателя конкурентоспособности группы якорных резидентов индустриального парка, рассчитанное в зависимости от значений показателей функционирования индустриального парка;  $P_1, P_2, \dots, P_n$  – значения показателей функционирования индустриального парка.

На данном этапе осуществляется выбор вида математической функции, определяющей причинно-следственную зависимость между исследуемыми показателями, а также параметры функции, определяющие тесноту и направление взаимосвязи между величинами.

3. Оценка точности полученных зависимостей, которая подразумевает анализ достоверности уравнения регрессии, коэффициентов регрессии, силы связи, ошибки аппроксимации и других параметров, а также выделение наиболее значимых показателей функционирования индустриального парка.

4. Исключение из дальнейшего рассмотрения недостоверных моделей и моделей, противоречащих логике изучаемого процесса.

5. Построение предварительной обобщающей модели зависимости показателя конкурентоспособности группы якорных резидентов от показателей функционирования индустриального парка, включающей весь набор отобранных показателей.

6. Построение итоговой обобщающей модели зависимости показателя конкурентоспособности группы якорных резидентов от показателей функционирования индустриального парка, исключаящей

эффект мультиколлинеарности факторов-аргументов. На данном этапе из модели удаляется ряд показателей, имеющих сильную корреляционную связь с другими включенными в модель показателями, что повышает практическую применимость итоговой модели искомой зависимости. В дальнейшем обобщающая модель зависимости уровня конкурентоспособности резидентов от показателей деятельности индустриального парка может выступить в качестве базового инструментария при разработке управленческих воздействий, направленных на совершенствование деятельности индустриального парка.

Предложенный методический аппарат позволяет сформировать систему управления развитием индустриального парка, нацеленным на повышение конкурентоспособности действующих на его территории предприятий. Основные этапы ее построения представлены на рис. 2. Предлагаемый алгоритм формирования системы управления развитием индустриального парка предполагает:

1. Расчет показателей функционирования индустриального парка за определенный временной период [4, 5].

2. Расчет за аналогичный временной период показателя конкурентоспособности резидентов индустриального парка [2, 3] и выявление на основе корреляционно-регрессионного анализа показателей функционирования индустриального парка, оказывающих наибольшее влияние на уровень конкурентоспособности якорных резидентов промпарка.

3. Расчет показателей функционирования индустриальных парков – конкурентов и выявление показателей деятельности рассматриваемого промпарка, требующих улучшения.

4. Формирование программы развития индустриального парка, включающей комплекс мероприятий, направленных на улучшение показателей функционирования площадки.

Кроме того, полученная обобщающая модель зависимости показателя конкурентоспособности группы якорных резидентов от показателей функционирования индустриального парка может быть использована для получения прогнозных оценок уровня конкурентоспособности предприятий, действующих на территории промпарка, при разработке и планировании мероприятий в рамках программы развития индустриального парка.

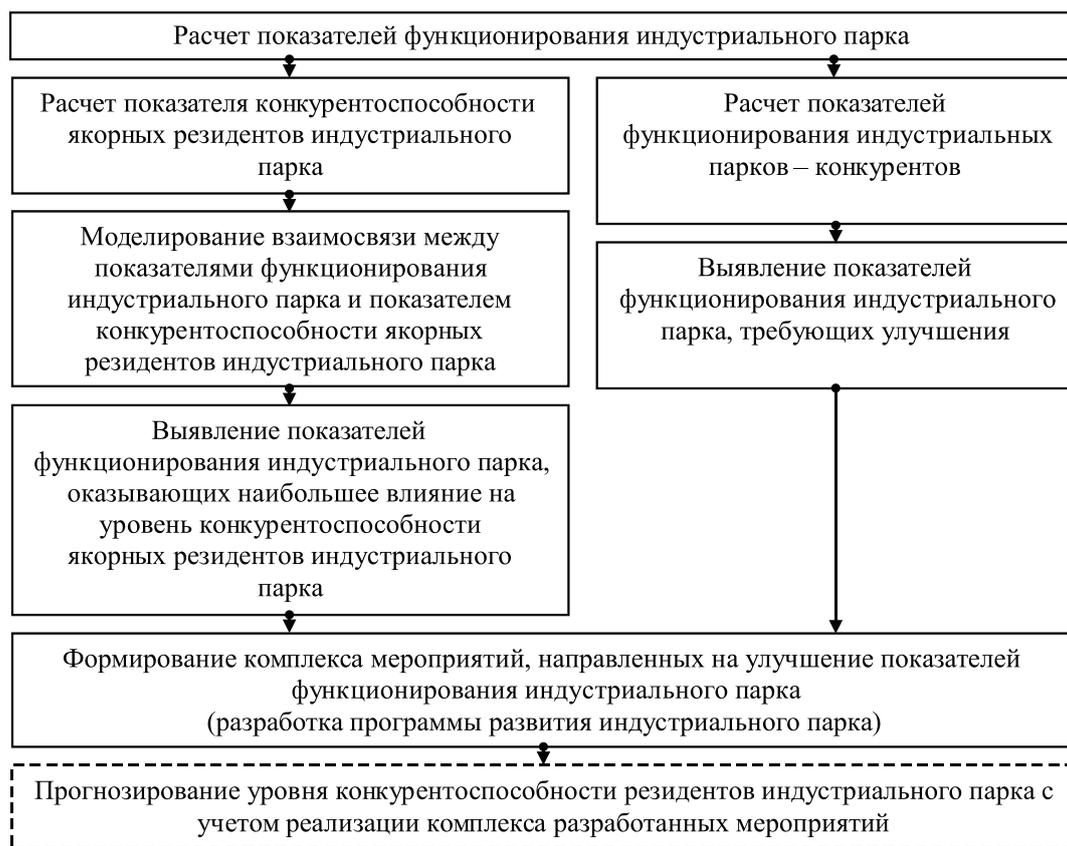


Рис. 2. Алгоритм формирования системы управления развитием индустриального парка

Таким образом, предлагаемая система управления развитием индустриального парка является практическим инструментом, который может быть использован управляющими компаниями в целях формирования программы перспективного развития индустриального парка и создания на его территории благоприятных условий деятельности предприятий-резидентов, что в конечном счете будет способствовать повышению инвестиционной привлекательности площадки и привлечению в индустриальный парк новых компаний.

Предложенная система была использована для решения практической задачи, связанной с разработкой программы развития индустриального парка «Химический парк «Тагил»», функционирующего на территории Свердловской области. Проект представляет собой объединение горизонтально и вертикально интегрированных химических производств, характеризующихся высокими стандартами экологической безопасности и расположенных в непосредственной близости от сырьевой базы, доступных энергетических и трудовых ресурсов,

разнонаправленных рынков сбыта. Полученная зависимость показателя конкурентоспособности якорных резидентов индустриального парка «Химический парк «Тагил»» от ключевых показателей его деятельности имеет вид

$$K = -2,17 + (-0,0020) \cdot P_{\text{АЗУ}} + 0,0363 \cdot P_{\text{С}} + 0,0002 \cdot P_{\text{ИТ}} \quad (2)$$

где  $K$  – значение показателя конкурентоспособности группы якорных резидентов индустриального парка «Химический парк «Тагил»»;  $P_{\text{АЗУ}}$  – средняя стоимость аренды земельных участков на территории индустриального парка;  $P_{\text{С}}$  – уровень специализации индустриального парка на определенных видах деятельности;  $P_{\text{ИТ}}$  – уровень инновационности товаров, производимых на территории индустриального парка.

Проведенный анализ свидетельствует о наиболее сильном влиянии на уровень конкурентоспособности резидентов индустриального парка «Химический парк «Тагил»» таких показателей, как стоимость аренды земельных участков



Рис. 3. Структура программы развития индустриального парка «Химический парк «Тагил»», нацеленного на повышение конкурентоспособности его резидентов

на территории площадки, уровень специализации промпарка и уровень инновационности производимых на территории индустриального парка товаров. Вместе с тем на конкурентоспособность резидентов оказывают влияние показатели эффективности деятельности управляющей компании, широты и разнообразия набора предоставляемых резидентам услуг, объема капитальных вложений в развитие индустриального парка и уровня налоговой нагрузки на территории промпарка.

Исходя из этого, авторами предлагается трехуровневая программа развития индустриального парка (рис. 3), в рамках которой базовыми стратегическими приоритетами развития проекта определены расширение номенклатуры сервисов, предоставляемых предприятиям-резидентам, и активизация создания специализированной технологической и инженерной инфраструктуры, необходимой резидентам для ведения производственной и развития инновационной деятельности на территории промпарка.

### Выводы

1. Определены главные особенности индустриальных парков, позволяющие рассматривать их как наиболее универсальный и эффективный формат организации инвестиционных площадок.

2. В качестве основы предлагаемой системы управления развитием индустриальных парков в целях повышения конкурентоспособности предприятий-резидентов определено установление взаимосвязи между количественной оценкой уровня конкурентоспособности резидентов индустриального парка и ключевыми показателями его деятельности.

3. Предложен алгоритм построения модели зависимости показателя конкурентоспособности группы якорных резидентов от показателей функционирования индустриального парка.

4. Разработан алгоритм формирования системы управления развитием индустриального парка в целях повышения конкурентоспособности предприятий-резидентов.

5. На основе предложенной методики разработана программа развития индустриального парка «Химический парк «Тагил»», действующего в Свердловской области.

#### Список литературы

1. Криворотов В.В., Калина А.В., Тиханов Е.А., Ерыпалов С.Е. Индустриальные парки как эффективный механизм роста конкурентоспособности региональных производственных комплексов // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. – Екатеринбург, 2014. – № 2. – С. 61–74.

2. Криворотов В.В., Калина А.В., Третьяков В.Д., Тиханов Е.А., Парфенов К.Е. Оценка и повышение конкурентоспособности российских машиностроительных комплексов // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. – Екатеринбург, 2013. – № 4. – С. 61–76.

3. Тиханов Е.А., Криворотов В.В., Ерыпалов С.Е. Формирование универсального методического подхода к оценке конкурентоспособности промышленных предприятий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Экономика и менеджмент». – Челябинск, 2016. – № 1 (том 10). – С. 113–124.

4. Тиханов Е.А., Криворотов В.В., Чепур П.В. Система факторов повышения конкурентоспособности предприятий, действующих на территории индустриальных парков // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 2–3. – С. 643–646.

5. Тиханов Е.А., Криворотов В.В., Чепур П.В. Формирование системы показателей функционирования ин-

дустриального парка, отражающих воздействие факторов конкурентоспособности предприятий-резидентов площадки // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 3–2. – С. 432–436.

#### References

1. Krivorotov V.V., Kalina A.V., Tihanov E.A., Erypalov S.E. Industrialnye parki kak jeffektivnyj mehanizm rosta konkurentosposobnosti regionalnyh proizvodstvennyh kompleksov // Vestnik UrFU. Serija jekonomika i upravlenie. Ekaterinburg, 2014. no. 2. pp. 61–74.

2. Krivorotov V.V., Kalina A.V., Tretjakov V.D., Tihanov E.A., Parfenov K.E. Ocenka i povyshenie konkurentosposobnosti rossijskih mashinostroitelnyh kompleksov // Vestnik UrFU. Serija jekonomika i upravlenie. Ekaterinburg, 2013. no. 4. pp. 61–76.

3. Tihanov E.A., Krivorotov V.V., Erypalov S.E. Formirovanie universalnogo metodicheskogo podhoda k ocenke konkurentosposobnosti promyshlennyh predpriyatij // Vestnik Juzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija «Jekonomika i menedzhment». Cheljabinsk, 2016. no. 1 (tom 10). pp. 113–124.

4. Tihanov E.A., Krivorotov V.V., Chepur P.V. Sistema faktorov povyshenija konkurentosposobnosti predpriyatij, dejstvujushhih na territorii industrialnyh parkov // Fundamentalnye issledovanija. 2016. no. 2–3. pp. 643–646.

5. Tihanov E.A., Krivorotov V.V., Chepur P.V. Formirovanie sistemy pokazatelej funkcionirovanija industrialnogo parka, otrazhajushhih vozdejstvie faktorov konkurentosposobnosti predpriyatij-rezidentov ploshhadki // Fundamentalnye issledovanija. 2016. no. 3–2. pp. 432–436.

УДК 331.4

## ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ РАБОТОДАТЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА: СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ВОПРОСА

**Хайруллина Л.И., Гасилов В.С., Зиннатуллина Г.Н.**

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,  
Казань, e-mail: LHDA79@mail.ru*

В статье рассмотрены современные аспекты финансирования мероприятий по охране труда с учетом аудита безопасности труда. Рассмотрены некоторые аспекты экономического стимулирования работодателей в области охраны труда и их положительный эффект. Уделено внимание специальной оценке условий труда, как основе, позволяющей использовать механизмы экономического стимулирования работодателей к улучшению условий труда и дифференциации дополнительных тарифов страховых взносов в Пенсионный фонд России в отношении работников, занятых во вредных (опасных) условиях труда, в зависимости от установленных по результатам СОУТ классов (подклассов) условий труда. Также в статье отражены моменты, связанные с системой управления профессиональными рисками, которая, на сегодняшний день считается наиболее динамичным и современным инструментом управления охраной труда. В статье также нашли отражение вопросы реформирования системы обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний; механизма возмещения денег на охрану труда из Фонда социального страхования РФ; моменты, связанные с Типовым перечнем ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков. Затронуты вопросы предоставления скидок к страховым тарифам на обязательное социальное страхование работников.

**Ключевые слова:** охрана труда, условия труда, специальная оценка условий труда, профессиональные риски

## ECONOMICAL MECHANISMS OF MEASURES AIMED TO IMPROVE WORKING CONDITIONS

**Khayrullina L.I., Gasilov V.S., Zinnatullina G.N.**

*Kazan National Research Technological University, Kazan, e-mail: LHDA79@mail.ru*

The article describes the modern aspects of occupational safety and health activities financing, taking into account an audit of the work safety. Some aspects of the economic incentives of employers in the field of occupational safety and health and their positive effect are considered. Attention is paid to the special assessment of working conditions as a basis which helps to improve them by using economic incentive mechanisms for employers and differentiations of additional insurance fees rates to the Pension Fund of Russia with regard to workers who works in harmful (hazardous) working conditions, depending on working conditions which are established by the SAWC. (A special assessment of working conditions) {SOUT}. The article reflects the moments that are related to professional risk management system which is considered the most dynamic and a modern tool of management in occupational safety and health. Also this article gives answers to question of reforming the system of compulsory social insurance against industrial accidents and occupational diseases; a money compensation mechanism on a occupational safety and health from the Social Insurance Fund of Russian Federation; moments that are associated with a standard list of annual activities which realizes by the employer to improve working conditions, the occupational safety and health and decreasing occupational risks levels. The article addresses issues of discounts to compulsory social insurance tariffs for employees.

**Keywords:** occupational safety and health, working conditions, the special assessment of working conditions, professional risks

На сегодняшний день все более очевидным становится вопрос обеспечения безопасных условий труда на производстве в современных экономических реалиях. Действия государства в данном направлении можно рассматривать как один из факторов успешного экономического развития страны, и в этой связи меры по улучшению охраны труда на предприятиях всех форм собственности приобретают особую важность. В последнее время в России было принято немало важных документов, способствующих заинтересованности предприятий в обеспечении безопасных

условий труда. Умелые и грамотные работодатели активно ими пользуются, экономя значительные средства бюджета своих предприятий. Как известно, механизмы стимулирования работодателей к улучшению условий труда работников могут быть административными или экономическими. В статье рассмотрены некоторые аспекты экономического стимулирования работодателей в области охраны труда и их положительный эффект.

За последнее время на государственном уровне проделана значительная работа в области охраны труда и безопасности

производства с учетом экономических аспектов, в частности:

- с 1 января 2014 г. в стране введен единый универсальный инструмент оценки условий труда на рабочих местах – специальная оценка условий труда (далее – СОУТ), пришедшая на смену аттестации рабочих мест;

- в случае обеспечения безопасных условий труда работодатель освобождается от уплаты страховых взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации по дополнительным тарифам;

- внесены изменения в систему обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

- утвержден Типовой перечень ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков;

- разработан механизм возмещения денег на охрану труда из Фонда социального страхования Российской Федерации (далее ФСС России);

- установлены скидки к страховым тарифам на обязательное социальное страхование работников;

- субъектами Российской Федерации обеспечено программное планирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда до 2020 г. [1].

Остановимся на некоторых упомянутых мероприятиях подробнее.

Применяемая с прошлого года СОУТ рассматривается как основа, которая позволяет использовать механизмы экономического стимулирования работодателей к улучшению условий труда. Она призвана обеспечивать дифференциацию дополнительных тарифов страховых взносов в Пенсионный фонд России в отношении работников, занятых во вредных (опасных) условиях труда, в зависимости от установленных по результатам СОУТ классов (подклассов) условий труда по принципу «чем меньше степень вредности на конкретном рабочем месте, тем ниже тариф» [3]. Объем гарантий и компенсаций работникам за работу во вредных (опасных) условиях труда зависит от результатов СОУТ, т.е. применяется принцип «чем выше уровень вредности, тем больший объем защитных мер предоставляется работнику» [3].

Также законодательно предусмотрено, что если результаты спецоценки не устраивают сотрудников или контролирующие государственные органы, то для разрешения спора может быть использована государ-

ственная экспертиза условий труда, предусмотренная статьей 216.1 Трудового кодекса. В системе мероприятий, призванных обеспечить безопасные условия труда на рабочих местах, она занимает особое место. Госэкспертиза представляет собой оценку соответствия объекта экспертизы государственным нормативным требованиям охраны труда (ч. 11 ст. 209 ТК РФ). Ее целями являются проверка: качества проведения СОУТ; правильности предоставления сотрудникам компенсаций за работу с вредными и (или) опасными условиями труда; фактических условий труда работников (часть третья ст. 216.1 ТК РФ).

Однако некоторые эксперты отмечают, что ушедшая в прошлое аттестация рабочих мест и пришедшая на ее смену специальная оценка условий труда в перспективе пары десятилетий неизбежно отомрет вместе со списками советского периода, постепенно уступая место гораздо более динамичному и современному инструменту управления охраной труда – системе управления профессиональными рисками [1]. Принципиальное отличие данной системы от СОУТ состоит в том, что обеспечение безопасности на предприятиях будет строиться исходя из заблаговременного предупреждения эксцессов, оценки рисков и снижения этих рисков. Многие российские предприятия на локальном уровне уже давно применяют собственные методики оценки профессиональных рисков, успешно ими пользуются, сокращая из года в год темпы производственного травматизма и вовлекая в эту работу собственный персонал. Говоря о новациях в этом направлении, также следует отметить и разработку Минтруда России по методике оценки профессиональных рисков, так как превентивные меры, по мнению экспертов, помогут не только повысить эффективность предприятий, но и, главное, сохранить человеческий капитал [7].

В последнее время очень много внимания уделяется реформированию системы обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Последние изменения в этой области коснулись статьи 3 Закона № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» [6]. В ней уточнили понятия «страховой случай» и «профессиональное заболевание». Теперь страховой случай – это не только повреждение здоровья застрахованного, но и смерть от несчастного случая или профессионального заболевания.

Изменились и сроки уплаты страховых взносов на страхование от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний. С 1 января 2016 г. страховые взносы по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и страховые взносы по обязательному социальному страхованию на случай временной нетрудоспособности и в связи с материнством нужно уплачивать в одни сроки. Единый срок уплаты страховых взносов в ФСС России для двух видов страхования должен быть удобен прежде всего для страхователей. Изменились и размеры штрафов за неуплату страховых взносов, применяются новые правила расчета среднемесячного заработка, а также имеются существенные изменения и дополнения в правах застрахованных и обязанностях банков.

Также хотелось бы сказать немного и об утвержденном Типовом перечне ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков (далее – Типовой перечень), который утвержден на основании статьи 226 Трудового кодекса. Этой нормой установлены правила финансирования мероприятий по улучшению условий труда. Работодатели должны тратить на решение этих вопросов не менее 0,2% суммы затрат на производство продукции (работ, услуг). Исключение составляют государственные унитарные предприятия и федеральные учреждения [2]. Типовой перечень на сегодняшний день позволяет работодателю, при умелом пользовании, расходы на обеспечение нормальных условий труда и меры по охране труда включать в состав прочих расходов, связанных с производством, так как в нем конкретизированы указанные в Налоговом кодексе «расходы на обеспечение нормальных условий труда». Например, даже приобретение диспенсера (кулера) для обеспечения сотрудников и посетителей офиса питьевой водой можно отнести на необлагаемые налогом расходы. Или же к мероприятиям по улучшению условий труда и снижению уровней профессиональных рисков теперь относятся мероприятия, направленные на развитие физической культуры и спорта в трудовых коллективах.

Однако многие работодатели, к сожалению, до сих пор не имеют четкого представления о том, как грамотно использовать Типовой перечень для снижения налогового бремени таким образом, чтобы не было претензий со стороны налоговой службы.

В целом же налицо забота государства о здоровье своих граждан, которая в то же время позволяет работодателям разделить бремя расходов сотрудников на эти благородные цели за счет снижения налоговых отчислений.

Однако налоговое стимулирование государством мер по охране труда не ограничивается приведенными нормами. Законодательством также предусмотрено частичное финансирование охраны труда за счет средств ФСС России. Например, работодателям могут вернуть по решению ФСС России до 20% суммы уплаченных страховых взносов за предшествующий год. Это позволяет компенсировать расходы на финансовое обеспечение предупредительных мер по сокращению производственного травматизма. Многие мероприятия, содержащиеся в Типовом перечне, могут быть профинансированы за счет сумм страховых взносов на обязательное социальное страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний [2].

Таким образом, умело применяя действующее законодательство по охране труда, можно не только снизить налогооблагаемую базу, но и компенсировать часть расходов за счет уменьшения страховых взносов. Учитывая размеры фонда оплаты труда, для крупных предприятий – это миллионы рублей, но даже для относительно небольших организаций с численностью менее 100 сотрудников можно ежегодно экономить сотни тысяч рублей [2].

Также, чтобы простимулировать работодателей и привлечь их внимание к вопросам охраны труда, государство установило скидки к страховым тарифам на обязательное социальное страхование работников. Чем ниже уровень производственного травматизма, тем больше вероятность получить скидку. А для работодателей, у которых показатели травматизма превышают установленные законом, наоборот, устанавливается надбавка к тарифу. Скидки и надбавки к страховым тарифам по взносам на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний страхователям устанавливаются территориальными подразделениями ФСС России. Основанием является № 125-ФЗ [6].

Максимальный размер надбавки или скидки не может превышать 40% от установленного страхового тарифа. Надбавки и скидки территориальные подразделения

ФСС России рассчитывают в специальной программе, с использованием Методики расчета скидок и надбавок к страховым тарифам на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Однако страхователь может вручную проверить правильность расчета, если Фонд в течение трех лет, предшествующих текущему, не производил никаких выплат по страховым случаям, произошедшим когда-либо у страхователя.

Для расчета надбавок и скидок используются отраслевые и страховые показатели. Ежегодно соответствующими постановлениями ФСС России утверждаются значения основных показателей по видам экономической деятельности. Расчет производят по итогам деятельности страхователя за три года, предшествующих текущему. В отличие от надбавки, которая устанавливается территориальными подразделениями ФСС России в одностороннем порядке, скидка устанавливается только по заявлению работодателя.

Также государством планируется дальнейшая работа по совершенствованию экономических механизмов в области охраны труда [4]:

го бизнеса, не в ущерб требованиям к охране труда и здоровью работников.

4. Продолжение совершенствования Федерального закона от 24.07.1998 г. № 125-ФЗ: отработка механизма выявления первичных признаков профессиональных заболеваний на ранней стадии с предоставлением работнику возможности пройти реабилитацию именно на этой стадии, выводя его из вредных условий труда, что в последующем позволит использовать механизм реабилитационных мероприятий, а не гарантий и компенсаций.

5. Подготовка предложений об увеличении части тарифов страховых взносов по несчастным случаям, направляемых на превентивные меры. Сейчас работодатели могут использовать на них лишь 20 % тарифа, предлагается повысить эту планку до 30 %.

6. Обсуждение такого направления в части стимулирования работодателей к улучшению условий труда как возможность использования средств на субсидирование процентной ставки в случае, если работодатель берет кредит на модернизацию производства и СОУТ и покажет, что условия труда работников в результате этого улучшились (рисунок).



Приоритетные направления расходования «возвратных» средств ФСС России [4].

1. Внесение изменений в трудовое законодательство, предусматривающих, в частности, внесение поправок в Трудовой кодекс РФ в части вопросов соблюдения требований охраны труда на рабочих местах, а также развитие норм, обязывающих все стороны на постоянной основе выявлять и исключать опасность травмирования и профессионального заболевания, т.е. предпринимать превентивные меры.

2. Продолжение работы по отказу от так называемых «списков вредности» и переход к различным гарантиям и компенсациям на основе реальной оценки условий труда.

3. Внимательное изучение аспектов трудового законодательства в части охраны труда на малых предприятиях: ослабление соответствующих норм для микро- и мало-

7. Переход на режим внутреннего контроля и режим самоинспектирования работодателями. На сегодняшний день готовятся специальные программные продукты, соответствующие сервисы, позволяющие работодателям самостоятельно оценивать условия труда на своих рабочих местах через так называемые проверочные листы. Создание подобного инструмента в формате интернет-сервисов позволит работодателям как проходить самопроверку, так и получать заключение от государственных инспекций труда (а не штрафы уже постфактум), чтобы при необходимости заранее предпринимать на своем производстве необходимые корректирующие действия [4].

8. Дальнейшее совершенствование законодательства в части формирования

риск-ориентированной модели обеспечения безопасности работников на производстве.

9. Рассмотрение вопроса целесообразности создания в системе ФСС России службы профилактического и реабилитационного менеджмента и др. [4].

Также в ближайшей перспективе государством планируется совершенствовать контрольно-надзорную деятельность в области охраны труда и безопасности производства: усиление консультативной работы с работодателями, введение новых форм взаимодействия с предприятиями по вопросам охраны труда и безопасности производства с использованием современных технических средств. Обеспечение безопасных условий труда – прямая обязанность всех заинтересованных сторон, в том числе и государства. Без эффективной работы в этом направлении невозможно успешное экономическое развитие страны.

#### Список литературы

1. Байгереев М. Приказ «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда и Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов». – Охрана труда. Просто и понятно № 4, 2015. – Режим доступа: <http://e.sotrud.ru>.
2. Байгереев М. Приказ «Об утверждении Типового перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков» – Охрана труда. Просто и понятно № 2, 2015. – Режим доступа: <http://e.sotrud.ru>.
3. Вельямкин С.Ф. Обеспечение безопасных условий труда на производстве как фактор экономического развития России. – Справочник специалиста по охране труда Режим доступа: <http://e.sotrud.ru>.
4. Задачи охраны труда на 2016 г. – Портал [trudohrana.ru](http://trudohrana.ru). Режим доступа: <http://trudohrana.ru>.

5. Садохина Е. Успейте воспользоваться скидками к тарифу на социальное страхование работников Охрана труда. Просто и понятно № 10, 2015. – Режим доступа: <http://e.sotrud.ru>.

6. Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Информационно-правовой портал ГАРАНТ. Режим доступа – <http://www.garant.ru>.

7. Чижова М.А., Хайруллина Л.И., Горюнова С.М. Системные действия в управлении охраной труда: профессиональный риск как объект идентификации опасности Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – № 23. – С. 119–124.

#### References

1. Baigereev M. Prikaz «Ob utverzhdenii Metodiki provedeniya spetsialnoy otsenki usloviy truda i Klassifikatora vrednykh i (ili) opasnykh proizvodstvennykh faktorov». Okhrana truda. Prosto i ponyatno no. 4, 2015. Rezhim dostupa: <http://e.sotrud.ru>.
2. Baygereev M. Prikaz «Ob utverzhdenii Tipovogo perechnya ezhegodno realizuemykh rabotodatelem meropriyatiy po uluchsheniyu usloviy i ohrany truda i snizheniyu urovney professionalnykh riskov» Okhrana truda. Prosto i ponyatno no. 2, 2015. Rezhim dostupa: <http://e.sotrud.ru>.
3. Velmyaykin S.F. Obespechenie bezopasnykh usloviy truda na proizvodstve kak factor ekonomicheskogo razvitiya Rossii. Spravochnik spetsiolista po okhrane truda. Rezhim dostupa: <http://e.sotrud.ru>.
4. Zadachi okhrany truda na 2016 g. Portal [trudohrana.ru](http://trudohrana.ru). Rezhim dostupa: <http://trudohrana.ru>.
5. Sadokhina E. Uspeyte vospolzovatsya skidkami k tarifu na sotsialnoe strahovanie rabotnikov Okhrana truda. Prosto i ponyatno no. 10, 2015. Rezhim dostupa: <http://e.sotrud.ru>.
6. Federalniy zakon ot 24.07.1998 no. 125-FZ «Ob obyazatelnom sotsialnom strahovanii ot neschastnykh sluchaev na proizvodstve i professionalnykh zabolevaniy». Informatcionno-pravovoy portal GARANT. Rezhim dostupa <http://www.garant.ru>.
7. Chizhova M.A., Khayrullina L.I., Goryunova S.M. Sistemnye deistviya v upravlenii okhrany truda: professionalny risk kak obect identifikatsii opasnosti Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. no. 23. pp. 119–124.

УДК 331.1

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВЫМ РЕЗЕРВОМ НА ПРИМЕРЕ ПАО «ГАЗПРОМ НЕФТЕХИМ САЛАВАТ»

<sup>1</sup>Хафизов А.М., <sup>1</sup>Малышева О.С., <sup>1</sup>Волков С.В., <sup>2</sup>Дятлов Р.И.

<sup>1</sup>Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Салават, e-mail: alik\_hafizov@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа, e-mail: romandiatlov91@yandex.ru

В данной статье рассматриваются технологии управления кадровым резервом на предприятиях нефтегазовой отрасли. Авторы статьи приводят особенности оптимизации управленческих процессов в российском бизнесе. Проводится анализ мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия административно-командного принципа управления. На основании проведенного анализа формулируются актуальные направления развития и внедрения систем KPI (key performance indicators) в компании ПАО «Газпром». Методика KPI является простым и доступным инструментом комплексного анализа исполнения ключевых показателей эффективности на всех горизонтах планирования, а также способствует своевременному выявлению проблемных или неуспешных целей. Работа с кадровым резервом осуществляется для создания необходимого банка данных сведений о людях, определения соответствия работника вакантной либо занимаемой должности и ротации персонала.

**Ключевые слова:** кадровый резерв, культурные особенности, бизнес, оптимизация, карьерный рост

## DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY PERSONNEL RESERVE MANAGEMENT ON THE EXAMPLE OF PJSC «GAZPROM NEFTEKHIM SALAVAT»

<sup>1</sup>Khafizov A.M., <sup>1</sup>Malysheva O.S., <sup>1</sup>Volkov S.V., <sup>2</sup>Dyatlov R.I.

<sup>1</sup>Branch of Ufa State Petroleum Technological University, Salavat, e-mail: alik\_hafizov@mail.ru;

<sup>2</sup>Ufa State Aviation Technical University, Ufa

This article discusses the technology of talent management at the enterprises of the oil and gas industry. The authors of the article lead optimization of management processes in Russian business. The analysis of measures aimed at reducing the negative impact of the administrative-command principles of management. On the basis of the analysis formulate the actual directions of development and implementation of KPI (key performance indicators) in the company of PJSC «Gazprom». The KPI method is a simple and affordable tool for comprehensive analysis of performance KPIs at all levels of planning and facilitates timely identification of problem or failure of goals. Work with personnel reserve to create the necessary database of information about the people, determining the employee's compliance with the vacant or occupied position and rotation of staff. In small and medium-sized companies usually select the person for a certain position, and in reputable organizations for qualified professional should always create a job.

**Keywords:** personnel reserve, culture characteristics, business, optimization, career growth

Задачи оптимизации управленческих процессов, применение современных менеджмент-технологий, повышение производительности и эффективности бизнес-процессов становятся все более актуальными для руководителей предприятий. Разработка технологии управления кадровым резервом на предприятии данной отрасли производства необходима для более качественного обеспечения организации компетентными сотрудниками.

Предприятия нефтегазовой отрасли проявляют интерес к новшествам в технологиях управления, будь то «управление по целям», «процессное управление», система BSC или «кайдзен».

Не без оснований можно заметить, что в России распространяются и пропагандируются в основном зарубежные разработ-

ки, актуальные на Западе в 1960–1990-х гг., причем переносимые на российскую почву без учета национальных особенностей и без привязки к реалиям российского бизнеса. К примеру, в последние годы существенное внимание руководителей бизнеса привлекают системы KPI (key performance indicators) и BSC (balanced scorecard) [5].

KPI – набор основных показателей, характеризующих достижение целей и эффективность деятельности компании. BSC – разновидность систем KPI, основанная на стратегии, в которой состав показателей сбалансирован по различным аспектам (финансовые – нефинансовые, опережающие – отсроченные и так далее).

Система KPI, разработанная Питером Друкером в 1960-х гг., полностью соответствовала распространенному тогда

административно-командному принципу управления и линейно-штабным организационно-функциональным структурам. Естественно, и речи не было об управлении человеческим капиталом, управлении знаниями, постиндустриальной экономике. Сам Друкер давно уже ушел от этой системы. Но многим нашим руководителям – выходцам из советских (да уже и российских) парадигм управления – импонирует именно такой стиль. Основные требования к ключевым показателям эффективности, обязательные для внедрения KPI [3]:

- измеряются часто, лучше всего ежедневно;

- внедряются высшим руководством и командой топ-менеджмента на ежедневной основе;

- для всех сотрудников совершенно ясно, какие меры и действия по коррекции предпринимаются;

- ответственность может быть непосредственно привязана к одному человеку/команде.

Обеспечить выполнение всех этих требований на регулярной основе – это задача, требующая нетривиального решения. Если еще добавить полную субъективность в выборе состава и количества показателей, то неудивительно, что столь редки случаи успешного применения системы KPI. Во многом это объясняется отсутствием системного подхода к внедрению и любовью многих руководителей к односторонней ориентации на администрирование и контроль. Многие руководители уверены в том, что их функция – работать и распределять куски своей работы между подчиненными. И тут главное – контроль. И очень немногие руководители знают, что руководить – это значит не работать, а управлять людьми. И тут контроль остается нужной, но далеко не самой главной функцией руководителя. Поэтому что здесь вступаешь на территорию, называемую «управление знаниями» [3].

Многое из сказанного относится и к системе BSC. Разработанная в 1990 г. в Гарвардской школе экономики Дэвидом Нортоном и Робертом Капланом BSC применительно к России обнаружила следующие особенности:

- слабая подготовка менеджмента и исполнителей. BSC, как и многие другие разработанные на Западе концепции, опирается на фундаментальные основы свободной рыночной экономики: совершенную конкуренцию, открытые рынки капитала, прозрачность компаний и тому подобное. Истории современных рыночных отношений

в России нет и двух десятков лет. Отсутствие хорошей современной (не планово-командной!) экономической школы и малый опыт работы в новых условиях сильно усложняют неадаптированное применение BSC. Наборы показателей, которые наблюдаются в компаниях с BSC, либо излишне «советские», либо copy-and-paste с западных примеров. И то, и другое не сильно помогает в реальном управлении [1].

- культурные особенности. Неверие сотрудников в долгосрочные и, как правило, абстрактные показатели, также неверие в то, что от каждого из них в отдельности что-то зависит (без меня справятся), серьезно усложняют внедрение BSC. Нежелание людей меняться вообще и извечный русский «авось» в частности сильно затрудняют вовлечение сотрудников во внедрение, без чего концепция превращается в набор красивых цифр в таблице, порой не связанных с реальностью.

- излишняя увлеченность технической стороной концепции. Технократический подход, погубивший немало здравых идей, как правило, оборачивает применение BSC в профанацию.

Система управления по целям (или, что то же самое, – по результатам) получила широкое признание среди руководителей и менеджеров-практиков, так как она обеспечивает хорошие результаты по достижению запланированных показателей и способствует эффективной совместной деятельности аппарата управления организации.

Принципы управления по целям формулируются исходя из следующих предпосылок:

- система управления должна обеспечивать достижение всех целей и задач организации;

- каждый руководитель, от высшего до первого уровня, должен иметь четкие цели в рамках возложенных на него обязанностей;

- цели и задачи всех менеджеров согласуются, и в соответствии с этим организуется работа по их выполнению;

- менеджеры и исполнители совместно формируют функции и добиваются их выполнения путем взаимных консультаций; в идеальном случае формируется иерархия целей, конкретизируемых на каждом последующем уровне при движении сверху вниз.

За годы использования этой системы выявились и некоторые ограничения эффективного применения управления по целям. Так, она не приносит успеха на плохо организованном предприятии, где принято за правило «спускать» цели сверху вниз, не привлекая к их постановке и согласованию

руководителей нижестоящих уровней. Ее трудно использовать, если отсутствует личная мотивация и необходимая для управления информация, а также при неудовлетворительной организации контроля.

Достаточно большая трудоемкость процесса управления по целям также может рассматриваться как серьезное препятствие к его широкому использованию. Так же как и то, что в процессе реализации целей и задач внимание руководителей и исполнителей концентрируется на достижении текущих и краткосрочных результатов, что нередко приводит к забвению главного – стратегических целей развития организации. Чтобы снизить воздействие этого фактора, оценку полученных результатов производят с учетом их влияния на показатели оперативных, тактических и стратегических планов.

К несомненным достоинствам относят прежде всего условия для повышения эффективности работы за счет четкого представления каждым работником организации связи между своими задачами и целями ор-

ганизации. В результате согласования целей на всех уровнях и во всех звеньях усиливается мотивация к работе и заинтересованность в достижении запланированных целей и задач. Четкие временные рамки решения задач организации позволяют продвигаться к получению конечного результата малыми шагами. Взаимоотношения между руководителями и подчиненными улучшаются, так как система мотивирует и тех и других работать на конечные результаты. Кроме того, создаются необходимые условия для наставничества и обучения в процессе выполнения согласованного круга задач [4].

Проанализировав показатели системы управления кадрового резерва на соответствие с рекомендуемыми значениями, выявлены следующие основные проблемы:

- назначение на руководящую должность не из резерва;
- формальный подход при формировании списков кадрового резерва;
- назначение необученных резервистов;
- несоответствие возраста резервистов [2].

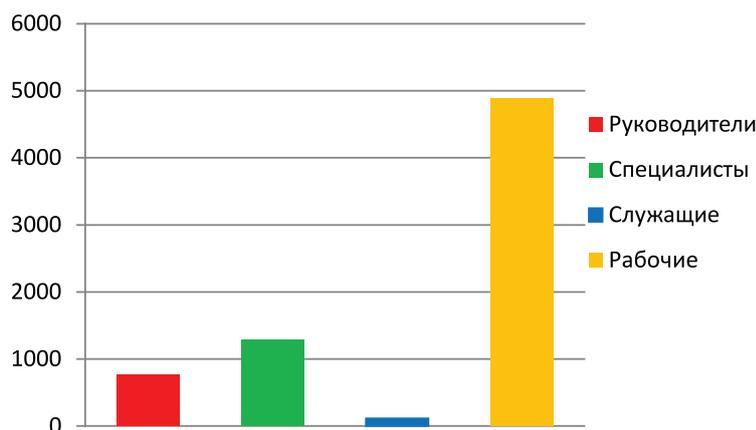


Рис. 1. Диаграмма распределения работников по должностям

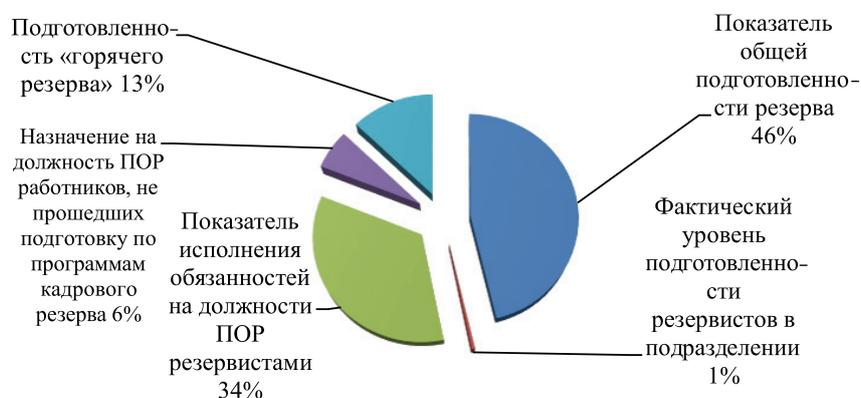


Рис. 2. Диаграмма подготовленности резерва

На основании вышесказанного можно рекомендовать следующие мероприятия по совершенствованию системы управления кадровым резервом ПАО «Газпром нефтехим Салават»:

- в соответствии с Положением о работе с кадровым резервом и программами необходимо пересмотреть все должностные инструкции организации должностей ПОР, обеспечить соответствующий контроль за соблюдением программ и положения, назначить на руководящие должности специалистов из кадрового резерва [4];

- для успешной работы необходимо проводить с «резервистами» работу по разъяснению их должностных обязанностей, направлений (в том числе и перспективных) деятельности компании, стратегии поведения на рынке и создавать у «резервистов» комплекс корпоративных ценностей. Желательно регулярно знакомить работников с оценками действующей системы управления, проводить деловые игры и тренинги для создания благоприятного микроклимата в коллективе;

- сократить время внедрения из резерва, более широко применять автоматизированную систему SAP R/3. Назначать резервистов на освободившиеся вакансии руководителя [1].

Своевременный мониторинг представленных показателей позволяет HR-службе проводить целенаправленную работу по улучшению качественного состава кадрового резерва, совершенствовать процесс управления им, вовлекать начальников подразделений в конструктивное сотрудничество для обеспечения безболезненной и эффективной преемственности руководителей [4].

Но для этого руководству ПАО «Газпром нефтехим Салават» необходимо провести ряд мероприятий:

- провести оптимизацию численности персонала за счет проведения мероприятий по нормированию труда;

- сократить отток высококвалифицированных работников за счет дальнейшего внедрения новой системы мотивации за профессиональное мастерство;

- повысить мотивацию персонала к достижению высокопрофессиональных компетенций за счет реализации программы непрерывного развития;

- развивать корпоративное обучение, в т.ч. с привлечением высококвалифицированных специалистов в качестве внутренних тренеров и использованием форм дистанционного обучения.

Проведение подобных мероприятий будет необходимым всегда. Вот только некоторые положительные стороны данного направления:

- финансовая выгода (не нужно расходовать средства на отбор и подготовку новых специалистов);

- экономия времени (заккрытие должностей в наикратчайшие сроки);

- высококвалифицированный штат (служащий взят из собственных рядов и научен по своей же программе переподготовки);

- содействие и продвижение собственного персонала – политика ценности сотрудников (действует так же и как мотивационный фактор: работники не желают покинуть компанию, где видимы четкие возможности служебного роста);

- более мягкое адаптирование в коллективе (сотрудник не меняется, а изменяется лишь его положение по службе);

- специалист практически «отточен» под компанию, отлично понимает политику и характерные черты отношений и быстрее приспосабливается к новой должности;

- перспективы стабильности и конкурентоспособности любого предприятия;

- повышение продуктивности и результативности.

Система KPI решает проблемы следующим образом:

- отслеживая в динамике эффективность деятельности каждого подразделения и сотрудника;

- прогнозируя результаты работы компании за год;

- корректируя деятельность подразделений и сотрудников, в случае, если результаты их работы не дотягивают до запланированного уровня;

- обеспечивая объективность оценки работы сотрудников;

- создавая систему обратной связи, позволяющей специалисту оперативно получать оценку своей деятельности на основе объективных критериев, а не мнения руководства;

- достигая синергетического эффекта за счет увязки деятельности всех сотрудников со стратегией компании;

- соотнося результаты деятельности сотрудника и уровень его компенсационного пакета.

Сочетание в системе KPI обязательных к исполнению показателей стратегического и бюджетного управления позволяет повысить согласованность решений, принимаемых на всех уровнях управления и на всех

горизонтах планирования. Предложенная методика КРІ является простым и доступным инструментом комплексного анализа исполнения ключевых показателей эффективности на всех горизонтах планирования, а также способствует своевременному выявлению проблемных или неуспешных целей для оперативной корректировки стратегии управления кадровым резервом нефтегазовой компании.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод о том, что работа с кадровым резервом осуществляется для создания необходимого банка данных сведений о людях, определения соответствия работника вакантной либо занимаемой должности и ротации персонала. Поиск перспективных сотрудников необходимо осуществлять не в пожарном порядке, чтобы заполнить открывшуюся вакансию, а постоянно. В мелких и средних фирмах обычно человека подбирают под определенную должность, а в солидных организациях для квалифицированного специалиста необходимо всегда создать вакансию, так как упускать его в силу укомплектованности штата – непростительная роскошь.

#### Список литературы

1. Бикметов А.Г., Малышева О.С., Хафизов А.М., Капустин Г.В. О методах управления персоналом на примере

ОАО «Газпром Нефтехим Салават» // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 12–5. – С. 992–995.

2. Рогова О.О. проверки организаций и индивидуальных предпринимателей государственными инспекциями труда // *Налоговый вестник*. – 2008. – № 11.

3. Управление проектами: учебное пособие / Авт.-сост. О.С. Малышева, Т.М. Левина. – Уфа: РИЦ УГНТУ, 2014. – 67 с.

4. Хафизов А.М. Проблемы корпоративной социальной ответственности в области экологии на примере ПАО «Газпром» / А.М. Хафизов, О.С. Малышева, А.И. Самошкин, Я.Ф. Хабирова // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 6–2. – С. 480–484.

5. Экономика: учебное пособие для бакалавров технических вузов / Авт.-сост. О.С. Малышева, Н.Н. Лулева. – Уфа: РИО РУНМЦ МО РБ, 2013. – 308 с.

#### References

1. Bikmetov A.G., Malysheva O.S., Hafizov A.M., Kapustin G.V. O metodah upravleniya personalom na primere OAO «Gazprom Neftekhim Salavat» // *Fundamentalnye issledovaniya*. 2015. no. 12–5. pp. 992–995.

2. Rogova O.O. proverkah organizacij i individualnyh predprinimatelej gosudarstvennymi inspekcijami truda // *Nalogovyj vestnik*. 2008. no. 11.

3. Upravlenie proektami: uchebnoe posobie / Avt.-sost. O.S. Malysheva, T.M. Levina. Ufa: RIC UGNTU, 2014. 67 p.

4. Khafizov A.M. Problemy korporativnoj socialnoj otvetstvennosti v oblasti ehkologii na primere PAO «Gazprom» / A.M. Khafizov, O.S. Malysheva, A.I. Samoshkin, Ya.F. Habirova // *Fundamentalnye issledovaniya*. 2016. no. 6–2. pp. 480–484.

5. Ehkonomika: uchebnoe posobie dlya bakalavrov tekhnicheskikh vuzov / Avt.-sost. O.S. Malysheva, N.N. Luneva. Ufa: RIO RUNMC MO RB, 2013. 308 p.

УДК 65.01:378.4

## РАЗВИТИЕ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСШИМ ОБРАЗОВАНИЕМ НА ОСНОВЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

**Чайчук Е.О.**

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»,  
Санкт-Петербург, e-mail: lukor@list.ru*

Обоснована необходимость развития управления высшим образованием на основе компетентного подхода. Приведены характеристики компетентных моделей США, Великобритании, Франции, Германии, применяемых для оценки квалификации выпускников образовательных учреждений и отражающих качество учебного процесса. Определена специфика компетентных моделей США, Великобритании, Франции, Германии, России. Обоснована необходимость развития и модернизации компетентной системы, применяемой в учебных заведениях Российской Федерации. Разработаны предложения и меры по развитию системы компетентной оценки выпускников и образовательных учреждений высшего образования в системе управления высшим образованием. Установлено, что формирование системы контролируемых в процессе управления образовательной деятельности компетенций позволяет обеспечить качественное управление высшим образованием, включая процесс обучения, а интеграция образовательных компетенций, регламентированных образовательными стандартами с профессиональными компетенциями, регламентированными профессиональными стандартами, включая профессиональный стандарт работников сферы образования, позволяют обеспечить повышение квалификации выпускников учреждений высшего образования.

**Ключевые слова:** высшее образование, компетенция, компетентный подход, развитие, сфера услуг, образовательные услуги, моделирование, организационно-экономический механизм

## DEVELOPMENT OF HIGHER EDUCATION BASED ON BUSINESS PROCESSES

**Chaychuk E.O.**

*St. Petersburg State Economic University, St. Petersburg, e-mail: lukor@list.ru*

The necessity of higher education management development based on the competence approach. The characteristics of competency models USA, UK, France, Germany, used to assess the qualifications of graduates of educational institutions and reflecting the quality of the educational process. The specificity of the US competent models, the UK, France, Germany, Russia. The necessity of the development and modernization of the competency of the system used in the Russian educational institutions. Proposals for measures to develop the system of competence assessment of graduates and higher education institutions in the higher education management system. It is established that formation of system of the competences controlled in management process of educational activity allows to provide high-quality management of the higher education, including training process, and integration of the educational competences regulated by educational standards with the professional competences regulated by professional standards including the professional standard of educators allow to provide professional development of graduates of institutions of higher education.

**Keywords:** higher education, competence, competence approach, development, services, educational services, modeling, organizational and economic mechanism

Организационно-экономический механизм управления высшим образованием как бизнес-процессом предполагает моделирование образовательных процессов в определенном временном пространстве с учетом различных критериальных параметров, ценностных ориентиров, возрастной специфики обучающихся, особенностей процесса образования, динамики развития производства, рынка труда и рынка образования и т.д.

В этом контексте мы можем выделить следующие ценностные ориентиры образования как процесса, так и формы его реализации, важные для формирования стратегии развития учреждений высшего образования:

1. Социализация и социальная адаптация индивида в обществе, обучение коллективному взаимодействию и формированию синергетического эффекта коллективной деятельности.

2. Получение необходимых знаний, умений и навыков (включая формальное образование) для дальнейшей их реализации в общественно полезной рыночно-ориентированной трудовой деятельности.

3. Получение новых знаний, навыков, профессиональных компетенций (включая формальное образование), включая формы повышения профессиональной квалификации, систему профессиональной переподготовки и обучения лиц пожилого возраста для профессиональной адаптации к изменяющимся требованиям рынка труда к трудовым ресурсам.

4. Развитие личности и саморазвитие как форма самореализации.

5. Решение проблем создания и функционирования домохозяйств.

При этом формами социализации и социальной адаптации индивида являются

все формы обучения, включая дошкольное, школьное, обучение в учреждениях дополнительного, профессионального, высшего образования, курсах повышения профессиональной квалификации и профессиональной переподготовки и т.д. В этом контексте основными методами обучения являются в первую очередь интерактивные методы обучения, способствующие обучению решению задач с применением коллективного взаимодействия, развитию индивидуально-ролевого поведения с учетом личностных психофизических, интеллектуальных, поведенческих особенностей.

Получение необходимых знаний, умений и навыков для дальнейшей их реализации в общественно полезной рыночно-ориентированной трудовой деятельности возможно в различных формах образовательной деятельности (включая формальное образование): системе раннего развития детей (дошкольное образование), системе формирования среднего образования, дополнительного обучения, среднего профессионального и высшего образования. Здесь достижение ценностных ориентиров зависит как от максимального соответствия реализуемых образовательных программ ценностным ориентирам и качества образовательной коммуникации, так и от способности обучающегося к восприятию знаний, формированию умений и навыков.

Получение новых знаний, навыков, профессиональных компетенций (включая формальное образование), как и в предшествующем варианте возможно в системе дополнительного обучения, среднего профессионального и высшего образования.

При этом следует отметить, что развитие личности и самореализация, связанные с образованием, характерны для любой системы обучения и любого возраста обучающегося. Однако качество личностного развития и самообразования зависит от соответствующих содержательных характеристик учебного процесса, в том числе и в системе высшего образования.

Таким образом, эффективность организационно-экономического механизма заключается в получении определенного набора ценностей всеми акторами образовательного процесса. И, соответственно, управление высшим образованием должно быть ориентировано на достижение этих ценностей.

Основная ценность высшего образования в контексте понимания диалектики развития производительных сил и произ-

водственных отношений заключается, по нашему мнению, в формировании профессиональной компетентности. Понимание данной ценности высшего образования транслируется в рамках компетентностного подхода, который отражает направленность образования на личностное развитие с помощью формирования набора личностных качеств (компетентность) для эффективного решения профессиональных задач и социальных требований. При этом компетентность можно понимать как способность и умение работника использовать полученные в процессе обучения знания и умения, а также личные качества не столько для выполнения определенных должностных обязанностей, сколько для разработки форм и методов действий по достижению определенных результатов трудовой деятельности и решению поставленных задач.

С учетом вышеизложенного компетентность можно разделить на несколько компетентностных модулей, которые могут быть различными в зависимости от применения различных моделей компетентностного подхода.

Например, американская модель, утвержденная Государственной комиссией по развитию важнейших навыков (SCANS), предполагает 4 блока компетенций работающего:

1. Ресурсные (проектирование, организация, планирование деятельности и распределение ресурсов):

- вариативное целеполагание, ранжирование задач, выбор соответствующих мероприятий для их достижения, распределение времени для реализации мероприятий, подготовка графиков достижения задач и цели (временные);

- исполнение или подготовка бюджета реализуемых мероприятий, прогнозирование (финансовые);

- определение необходимых материальных ресурсов и территории, их распределение (материальные);

- оценка навыков персонала, распределение работ, оценка результатов выполнения работ, обеспечение обратной связи (человеческие).

2. Межличностные (взаимодействие с другими людьми):

- участие в командной работе (определение прилагаемых усилий);

- обслуживание (клиентоориентированная деятельность);

- продвижение идей, умение аргументировать, убеждать других, брать на себя

ответственность за выполнение правил и процедур;

- умение торговаться, вести переговоры и достигать согласия, взаимопонимания;
- способность «находить общий язык» с представителями разных возрастов, социальных слоев, культур, полов.

3. Информационные (приобретение и использование информации):

- умение приобретать и оценивать информацию;
- умение обновлять имеющиеся знания;
- способность интерпретировать и передавать информацию;
- использование компьютеров для обработки информации.

4. Системные (понимание сложных взаимосвязей):

- понимание функционирования социальных, производственных, организационных и технологических систем, обеспечение их эффективного функционирования;
- мониторинг и исправление нежелательных тенденций, прогнозирование различных воздействий на функционирование определенных систем, диагностика отклонений функционирования систем, исправление сбоев работы систем.

5. Технологические (работа с различными технологиями):

- выбор технологий и технологических процедур, инструментов или оборудования и применение компьютерных технологий;
- применение требуемых технологий для выполнения задач общего назначения и необходимых процедур для установки и эксплуатации оборудования;
- поддержка и устранение неисправности оборудования, диагностика неисправностей и ошибок работы оборудования, включая компьютеры и программное обеспечение.

В британской компетентностной традиции выражены акценты на интеграционные аспекты, учитывается понимание полученных знаний, система ценностей, связанная с применяемыми умениями. Модель компетенций, предложенная в конце XX в. Чисменом и Чиверсом, включает в себя 5 уровней оценки компетентности: когнитивные компетенции; метакомпетенции; функциональные компетенции; этические компетенции; личностные компетенции.

При этом под функциональными компетенциями понимается наличие знаний, умений и навыков, реализуемых в определенной профессиональной сфере, которые должны быть в значительной сте-

пени сформированы в процессе обучения в профессиональном учебном заведении и которые выпускник может продемонстрировать в условиях выполнения определенных трудовых задач.

Когнитивные компетенции отражают понимание получаемых знаний со способностью выбора применения определенных знаний и умений для выполнения определенного вида работ, а также понимание смысла выполняемых операций, что необходимо для качественного выполнения работы.

Личностные компетенции определяют набор относительно устойчивых личностных качеств выпускника учебного заведения, необходимых для выполнения определенной работы или видов работ, обеспечивающих качество их выполнения.

Этические компетенции отражают систему этических представлений человека, ограничивающую выбор действий для выполнения определенной работы, а также набор личностных и профессиональных ценностей, связанных со способностью выпускника принимать обоснованные решения в определенных жизненных и профессиональных ситуациях.

Метакомпетенции – это набор определенных мировоззренческих представлений (штампов мышления), связанных с профессиональной деятельностью, определяющих дифференциацию ценностных ориентиров, а также способность выпускника учебного заведения к преодолению неуверенности, сомнений, а также умение делать правильные выводы из замечаний руководства и коллег в процессе профессиональной деятельности.

Следует отметить, что в отличие от американской компетентностной модели английская рассматривает понятие компетенций более масштабно, выходя далеко за рамки поведенческих характеристик и профессиональных требований, а также включает в себя более четкое определение необходимых общекультурных и естественнонаучных компетенций.

Французская компетентностная модель подготовки специалистов в образовательных заведениях предполагает распределение компетенций на личностные, определяющие характеристики поведения каждого обучающегося, и коллективные, необходимые для эффективной трудовой деятельности в трудовом коллективе.

Немецкая компетентностная модель ориентирована на «деятельность»

и распределение компетенций на предметные, личностные и социальные. При этом, определенный набор компетенций, стандартный для будущей профессиональной деятельности, зафиксирован в учебных планах образовательных учреждений, а также связанные с ними знания, умения и навыки. Подобная акцентация внимания на наборе компетенций в настоящее время характерна также для образовательных стандартов Российской Федерации и, соответственно, учебных планов с рабочими программами. Немецкая компетентностная модель включает в себя:

– предметные компетенции: общие предметные компетенции, компетенции определенной сферы профессиональной деятельности, общие когнитивные компетенции;

– личностные компетенции: личностные когнитивные компетенции, самокомпетенции, социальные компетенции;

– социальные компетенции.

При этом общие предметные компетенции, компетенции определенной сферы профессиональной деятельности, общие когнитивные компетенции определяют способности выпускника выполнять определенные профессиональные задачи с помощью приобретенных в процессе обучения знаний и умений. В этом контексте общие когнитивные компетенции определяют возможности выполнения профессиональных задач.

Личностные когнитивные компетенции включают в себя, например, способность к поиску и анализу необходимой информации. А самокомпетенции предполагают способность к самообучению и определению возможных путей саморазвития, формированию требований и ограничений трудовой и общественной жизни, созданию жизненных и профессиональных планов [2, с. 20–30].

Рассматривая более углубленно компетенции выпускников учреждений высшего образования, которые должны достигаться, что, по нашему мнению, является индикатором развития образовательного учреждения и системы управления образованием, следует более четко выделить следующие блоки компетенций:

1. Ценностно-смысловые – определяющие способность понимать изменения окружающего мира, осознавать свое место в нем, трудовом коллективе и на рынке труда, уметь выбирать смысловые модели для принятия решений.

2. Общекультурные, включающие в свою очередь:

– способность к деятельности в условиях развития рыночных отношений: предприимчивость, дисциплинированность, ответственность;

– способность действовать в условиях институциональных ограничений: знание законодательства и способность руководствоваться им в своих решениях;

– самоорганизация, включающая рационализацию деятельности, включая профессиональную деятельность;

– эффективное владение техническими системами и оборудованием и взаимодействие с техносредой;

– бережное отношение к природе и биосфере;

– культура взаимоотношений с окружающими людьми в повседневной жизни и трудовой деятельности;

– политическая культура: гражданская активность, уважение мнения большинства, участие в общественных делах;

– культура общения: толерантность, отзывчивость, умение вести дискуссию.

3. Учебно-познавательные компетенции, включающие формирование креативности и творческого мышления; информационную компетенцию, коммуникативную компетенцию – знание нескольких языков, способов взаимодействия с другими людьми, а также умение моделировать ролевое поведение.

4. Социально-трудовые компетенции, включая компетенцию профессионального самосовершенствования.

В контексте системного подхода также возможно деление общекультурных компетенций, характеризующих как обучающихся, так и научно-педагогических работников, на следующие группы: политические и социальные; межкультурные; коммуникативные; информационно-технологические (освоение и применение компьютерных технологий, контента СМИ); образовательные (способность к непрерывному образованию и самообразованию).

Также все эти компетенции «можно определенным образом классифицировать, выделив следующие группы:

1) социально-личностные;

2) экономические и организационно-управленческие;

3) общенаучные (естественные и математические);

4) общепрофессиональные (инвариантные к профессиональной деятельности);

5) специальные (владение алгоритмами деятельности, связанной с моделированием, проектированием научных исследований).

В зависимости от функциональной направленности субъекта, можно выделить также и такие **виды компетентности**:

– функциональные (специальные), характеризующиеся профессиональными знаниями и умением их реализовать на достаточно высоком уровне, способностью проектировать свое дальнейшее профессиональное развитие;

– интеллектуальные, т.е. способность аналитически мыслить и комплексно подходить к выполнению своих обязанностей; владение приемами личностного самовыражения и саморазвития, средствами противостояния профессиональным деформациям личности;

– ситуативные, означающие умение действовать в соответствии с ситуацией;

– социальные, предполагающие обладание коммуникативными и интеграционными способностями, умением поддерживать отношения в профессиональном сообществе, социальной ответственностью за результаты своего профессионального труда;

– индивидуальные, т.е. владение приемами самореализации и развития индивидуальности в рамках профессии, готовность к профессиональному росту» [3].

Рассматривая компетенции выпускников, которые можно использовать в системе управления высшим образованием, следует определить критерии оценки качества обучения в образовательных учреждениях высшего образования. «Их условно можно разделить на два уровня:

1. Компетенции в предметных областях:

1) способность демонстрировать знание основ и истории дисциплины;

2) способность логически и последовательно излагать усвоенные знания;

3) способность вникать в контекст (четкого осмысления) новой информации и давать ее объяснение;

4) умение демонстрировать понимание общей структуры дисциплины и связь между ее разделами;

5) способность понимать и использовать методы критического анализа и развития теорий;

6) способность правильно использовать методы и технику дисциплины;

7) способность оценивать качество исследования в определенной предметной области;

8) способность понимать результаты наблюдений и экспериментальных способов проверки научных теорий.

2. Компетенции, предполагающие реализацию способностей в предметных областях на основе полученных знаний и умений:

1) овладение предметной областью на более высоком уровне, т.е. владение новыми методами и техникой (исследования), знание новейших теорий и их интерпретаций;

2) способность критически отслеживать и осмысливать развитие теории и практики;

3) способность оперировать методами независимого исследования и уметь объяснять его результаты на более высоком научном уровне;

4) способность сделать оригинальный вклад в дисциплину соответственно канонам определенной предметной области, например, в рамках квалификационной работы;

5) способность продемонстрировать оригинальность и творческий подход» [2].

В этом же контексте рассматривая организационно-экономическую модель развития высшего образования, следует определить критериальную систему, применяемую не только к обучающимся, но и к научно-педагогическим работникам, а также образовательным учреждениям в целом, обеспечивающую развитие системы образования.

К данной группе компетенций можно отнести:

1. Образовательно-методические компетенции:

1.1. Количество научных публикаций НПР, используемых в учебном процессе и отраженных в РП (рабочих программах по дисциплинам).

1.2. Количество монографий НПР, используемых в учебном процессе и отраженных в РП (рабочих программах по дисциплинам).

1.3. Количество учебников, учебных пособий, практикумов, разработанных НПР, используемых в учебном процессе и отраженных в РП (рабочих программах по дисциплинам).

1.4. Количество кейсов, деловых игр, интернет-тренажеров и симуляторов, используемых в учебном процессе по каждой дисциплине.

1.5. Доля активных и интерактивных форм обучения, в том числе с применением информационных технологий в общем объеме обучения.

1.6. Доля НПР (преподающих профессиональные и специальные дисциплины),

прошедших курсы повышения квалификации в профессиональной сфере по направлению подготовки раз в три года.

1.7. Доля НПР, принимающих ежегодное участие в конференциях для повышения квалификации в образовательной сфере и профессиональной сфере с использованием полученных знаний в учебном процессе и информационном обмене на научных методических (методико-педагогических) семинарах вуза.

2. Образовательно-мотивационные компетенции:

2.1. Доля аспирантов и докторантов из числа НПР, не имеющих ученой степени.

2.2. Количество выпускников магистратуры, поступающих в аспирантуру.

2.3. Количество студентов, получивших степень бакалавра, поступающих в магистратуру.

2.4. Количество обучающихся, получивших степень бакалавра и специалиста в других вузах, поступающих в магистратуру ОУ УК на платной основе.

3. Профессионально-наставнические компетенции:

3.1. Доля аспирантов и НПР, имеющих опыт работы (прошедших стажировки) в ведущих мировых научных и университетских центрах.

3.2. Количество НПР, имеющих опыт работы в организациях по профилю преподаваемых профессиональных и специальных дисциплин.

3.3. Количество НПР, работающих в организациях по профилю преподаваемых профессиональных и специальных дисциплин.

4. Коучинговые компетенции:

4.1. Средний балл успеваемости выпускников в соотношении со средним баллом аттестата абитуриентов, поступивших в учреждение высшего профессионального образования на разные формы обучения на бюджетной или коммерческой основе.

4.2. Средний балл, рассчитанный на основании мнений работодателей о качестве профессиональной подготовки обучающихся.

4.3. Количество выигранных конкурсов, грантов, именных стипендий обучающимися учреждения высшего профессионального образования.

5. Интеллектуально-творческие компетенции:

5.1. Количество созданных уникальных образовательных программ.

5.2. Количество защит аспирантов и докторантов из числа НПР учреждения высшего профессионального образования.

5.3. Количество поданных заявок на конкурсы, гранты НПР учреждения высшего профессионального образования.

5.4. Количество поставленных на бухгалтерский учет объектов интеллектуальной собственности.

5.5. Объем привлеченных финансовых средств в учреждения высшего профессионального образования при выполнении НИР и ОКР (млн руб.).

5.6. Количество кандидатов наук из числа НПР, поступающих в докторантуру.

5.7. Количество кандидатов и докторов наук из числа НПР, имеющих ученое звание доцента и профессора.

5.8. Количество интеллектуальных разработок, управленческих решений, внедренных в деятельность вуза, после проведения методических семинаров по содержанию методических компонентов РП, разработке и корректировке компетенций с участием базовых кафедр, работодателей, представителей организаций, входящих в состав университетского комплекса [4; 5; 6].

Компетентностный подход, таким образом, позволяет сформировать систему индикаторов, определяющих тенденции развития управления образованием и контролировать как процесс обучения, то есть достижения определенных профессионально значимых результатов, так и повышение квалификации научно-педагогических работников образовательных учреждений [1].

Более того, формирование системы контролируемых в процессе управления образовательной деятельности компетенций позволяет обеспечить качественное управление высшим образованием, включая процесс обучения, а интеграция образовательных компетенций, регламентированных образовательными стандартами с профессиональными компетенциями, регламентированными профессиональными стандартами, включая профессиональный стандарт работников сферы образования, позволяют обеспечить повышение квалификации выпускников учреждений высшего образования. В этом контексте мы также предлагаем распространить понятие «компетенция» на определенные показатели образовательной, научной деятельности учреждений высшего образования как отражение способности образовательного учреждения поддерживать свой профессиональный уровень и гарантировать качество обучения.

В свою очередь сформированный набор компетенций и их динамическое обновление с учетом изменения требований рынка

труда и государства, конкуренции на рынке образовательных услуг позволяет каждому образовательному учреждению высшего образования формировать определенную управленческую модель, а постепенное расширение перечня формируемых компетенций, в том числе из зарубежных компетентностных моделей и предлагаемых наборов компетенций, не учитываемых образовательными стандартами и нормативными документами Министерства образования и науки Российской Федерации, может стать инструментом повышения конкурентоспособности учреждения высшего образования на рынке образовательных услуг.

### Список литературы

1. Дроздов Г.Д. Зеленая экономика в современных социально-экономических условиях: монография. – СПб.: ИБИН, 2016. – 124 с.
2. Звонников В.И. Чельшкова М.Б.. Контроль качества обучения при аттестации: компетентностный подход: учеб. пособие. – М.: Университетская книга; Логос, 2009. – 272 с.
3. Компетентность как ценность высшего образования [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://studopedia.ru/8\\_165993\\_kompetentnost-kak-tsennost-vissshego-obrazovaniya.html](http://studopedia.ru/8_165993_kompetentnost-kak-tsennost-vissshego-obrazovaniya.html) (дата обращения 12.09.2016).
4. Пастухов А.Л. Показатели и критерии управления знаниями в университетских комплексах // Проблемы современной экономики. – СПб., 2012. – № 3 (43). – С. 344–348.
5. Пастухов А.Л. Показатели управления знаниями в системе высшего профессионального образования // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. – СПб.: Изд-во СПбГУСЭ, 2012. – № 3 (13). – С. 17–21.
6. Пастухов А.Л. Показатели управления знаниями в образовании // Инновационные технологии в сервисе: сборник материалов III Международной научно-практической конференции. 18–19 октября 2012 г. Санкт-Петербург / под науч. ред. Т.И. Безденежных. – СПб.: Изд-во СПбГУСЭ, 2012. – С. 108–109.
7. Чайчук Е.О. Концептуальные аспекты управления образованием как бизнес-процессом // Техничко-технологические проблемы сервиса. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2016. – № 1(35). – С. 72–75.

### References

1. Drozdov G.D. Zelenaja jekonomika v sovremennyh socialno-jekonomicheskikh uslovijah: monografija. SPb.: IBIN, 2016. 124 p.
2. Zvonnikov V.I. Chelyshkova M.B. Kontrol kachestva obuchenija pri attestacii: kompetentnostnyj podhod: ucheb. posobie. M.: Universitetskaja kniga; Logos, 2009. 272 p.
3. Kompetentnost kak cennost vysshego obrazovaniya [jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://studopedia.ru/8\\_165993\\_kompetentnost-kak-tsennost-vissshego-obrazovaniya.html](http://studopedia.ru/8_165993_kompetentnost-kak-tsennost-vissshego-obrazovaniya.html) (data obrashhenija 12.09.2016).
4. Pastuhov A.L. Pokazateli i kriterii upravlenija znanijami v universitetskikh kompleksah // Problemy sovremennoj jekonomiki. SPb., 2012. no. 3 (43). pp. 344–348.
5. Pastuhov A.L. Pokazateli upravlenija znanijami v sisteme vysshego professionalnogo obrazovaniya // Teorija i praktika servisa: jekonomika, socialnaja sfera, tehnologii. SPb.: Izd-vo SPbGUSJe, 2012. no. 3 (13). pp. 17–21.
6. Pastuhov A.L. Pokazateli upravlenija znanijami v obrazovanii // Innovacionnye tehnologii v servise: sbornik materialov III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 18–19 oktjabrja 2012 g. Sankt-Peterburg / pod nauch. red. T.I. Bezdenezhnyh. SPb.: Izd-vo SPbGUSJe, 2012. pp. 108–109.
7. Chajchuk E.O. Konceptualnye aspekty upravlenija obrazovanijem kak biznes-processom // Tehnicho-tehnologicheskie problemy servisa. SPb.: Izd-vo SPbGJeU, 2016. no. 1(35). pp. 72–75.

УДК 338.47:654

## МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ УСЛУГИ СВЯЗИ КАК СРЕДСТВО СОКРАЩЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО НЕРАВЕНСТВА

Шарифьянов Т.Ф.

*Институт социально-экономических исследований Уфимского научного центра Российской академии наук, Уфа, e-mail: timur.sharifyanov@gmail.com*

В статье рассмотрены различные подходы к определению, обоснованию, структуре и критериям универсальной услуги связи, а также факторы ее формирования и способы финансирования. Проанализированы критерии принадлежности услуги к числу универсальных услуг связи, применяемые различными странами. Предложена адаптация определения универсальной услуги связи в соответствии с объективно сложившимися экономическими, технологическими, социальными и прочими тенденциями развития отрасли, позволяющая создать предпосылки для ускорения диффузии универсальных услуг связи. С целью повышения результативности исследований и решения проблем цифрового неравенства на территориях с низкой плотностью населения обоснована целесообразность перехода от понятия «населенный пункт» к понятию «локалитет». Предложена модель дифференциации локалитетов по типам универсального доступа. Предложенный механизм формирования универсальной услуги связи обеспечивает пространственно ориентированный гетерогенный технологически нейтральный универсальный доступ.

**Ключевые слова:** универсальная услуга связи, цифровое неравенство, информационно-коммуникационные технологии, малый населенный пункт

## MECHANISM OF A UNIVERSAL COMMUNICATION SERVICES FORMATION AND DEVELOPMENT AS A TOOL FOR BRIDGING A SPATIAL DIGITAL DIVIDE

Sharifyanov T.F.

*Institute Social and Economic Research, Ufa Scientific Center, Russian Academy of Science, Ufa, e-mail: timur.sharifyanov@gmail.com*

The article observes different approaches to the definition, rationale, structure and criteria of universal service in telecommunications, factors of their formation and methods of financing. The document contains an analysis of including the service to the category of universal telecommunications services. Author suggests an adaptation of the universal communication service definition relevant to existing economic, technological, social and other industry trends, which allows to create prerequisites for accelerating the diffusion of universal communication services. In order to improve the efficiency of research and addressing the digital divide in areas with low population density, the expediency of the transition from the concept of «rural area» to the concept of «locality» justified. The model of localities by the universal access types differentiation proposed. The proposed mechanism of universal service ensures spatially oriented heterogeneous technologically neutral universal access.

**Keywords:** universal communications service, digital divide, ICT-infrastructure, rural area

Универсальные услуги связи происходят от услуг общего экономического интереса, т.е. таких услуг, которые имеют особое значение для граждан, но не будут производиться без государственного вмешательства. Предоставление услуг такого рода осуществляется в различных областях экономической деятельности: в образовании, социальном, медицинском и жилищно-коммунальном обслуживании и пр., а также в крупных сетевых отраслях, таких как энергетика, телекоммуникации, транспорт, почтовая служба. В сетевых отраслях свойствами услуг общего экономического интереса являются: универсальность, непрерывность оказания, качество, доступность, ориентация на защиту потребителя. Содержание, понятие и состав универсальных услуг связи (УУС) в различных стра-

нах существенно отличаются, однако все они включают в себя такие элементы, как наличие перечня УУС, инфраструктурная и ценовая доступность УУС. Всемирная торговая организация (ВТО) допускает самостоятельное определение своими членами УУС и их перечня.

В рамках директивы № 2002/22/ЕС Европейского парламента и Совета Европейского союза «Об универсальных услугах и правах пользователей в отношении сетей электронных коммуникаций и услуг» от 7.03.2002 г. «универсальная услуга» определяется как «минимальный набор услуг определенного качества, к которым все конечные пользователи имеют доступ, по доступной цене, с учетом национальных особенностей, без ущерба для конкуренции». Директива обязывает государства-члены

обеспечить посредством своих независимых правовых документов наличие услуг электросвязи для всех пользователей на их территории, независимо от их географического расположения, по доступным ценам с минимальным качеством обслуживания и функциональностью. Измененная директива Европейской комиссии является нейтральной в отношении технологий и включает в себя передачу речи (телефония), передачу данных, предоставление информационно-справочных услуг, таксофонов и специальные меры для лиц с ограниченными возможностями.

Схожие по значению понятия «универсальной услуги» и «универсального доступа» в различных странах применяются по-разному. Термин «доступ» чаще встречается в контексте коллективного доступа пользователей на удаленных территориях или населенных пунктах, а «услуга» чаще является объектом потребления индивидуальных пользователей или домохозяйств. Тем не менее большинство источников не дифференцирует смысл этих двух терминов, также встречается применение термина «универсальный доступ» в том же смысле, что и УУС, т.е. эти понятия на современном этапе развития инфокоммуникационных технологий все чаще отождествляются [2].

Универсальный доступ, как расширенный термин универсальной услуги связи, является средством обеспечения равной возможности доступа каждого члена общества, в каком бы месте он ни работал и ни жил, к определенным инфо-коммуникационным услугам, в том числе услугам телефонии и электронных госуслуг. Универсальный доступ включает в себя инфраструктуру подключения к существующим сетям телекоммуникаций, систему расчетов с назначенным оператором сети доступа и ежемесячное предоставление услуг телефонии и широкополосной передачи данных. Указанный вариант толкования «универсального доступа» предполагает сложную цепочку оказания УУС, когда для получения УУС необходимо использовать услугу доступа оператора сети абонентского доступа.

Обзор источников не позволил сделать вывод о том, что полнота, конкретизация или гибкость существующих определений УУС оказывает значительное воздействие на их распространение. Совершенствование определения УУС в соответствии с объективно сложившимися экономическими, технологическими, социальными и прочими условиями развития позволит ускорить диффузию УУС.

Существуют различные подходы к обоснованию универсальных услуг связи. Например, Организация экономического сотрудничества и развития выделяет три группы предпосылок обоснования универсальных услуг связи в телекоммуникациях: экономические (сетевой эффект, повышение производительности труда, снижение издержек за счет увеличения объема удаленной работы и пр.), социальные (недопущение социальной дезинтеграции, доступ к аварийным службам, выравнивание бытовых условий жителей городских агломераций и жителей сельской местности с низкой плотностью населения и пр.) и политические (повышение политической активности, развитие электронных госуслуг, более эффективное осуществление политических прав).

Развитие методики измерений усиления экономического благосостояния в результате оказания универсальных услуг связи на основе компенсации вариаций доказывает обоснование набора универсальных услуг связи из традиционной телефонии и широкополосного доступа экономическими, социальными и политическими мотивами, а также обосновывает необходимость универсальных услуг связи с позиции критической массы и диффузии новаций.

Современные исследователи проблем универсального обслуживания считают, что универсальное обслуживание должно соответствовать следующему набору принципов [5]: инфраструктурная доступность, доступность всех видов коммуникаций, экономичность (ценовая доступность), социальная интеграция, доступ к основным современным технологиям, права собственности на информационные продукты, онлайн-доступ к программному обеспечению (поисковые системы и другие платформы). Исследования [4] предъявляют следующие требования к универсальным услугам связи: технологическая нейтральность, продуктовая нейтральность, транспарентность, востребованность и эффективность по затратам. Европейская комиссия использует следующий набор критериев в отношении универсального обслуживания:

1) услуга доступна и используется существенным большинством потребителей, а отсутствие доступности этой услуги у меньшинства потребителей приводит к их социальной изоляции;

2) использование услуги создает дополнительную выгоду всем потребителям, соответственно, общественное вмешательство оправдано, когда эта услуга не доступна части населения на рыночных условиях.

В Российской Федерации принцип универсального обслуживания впервые был закреплён относительно недавно – в 2003 г. в Федеральном законе «О связи». Сегодня к универсальным услугам связи в РФ относятся оказываемые с использованием средств коллективного доступа или точек доступа [2]: услуги телефонной связи с использованием таксофонов, multifunctionальных устройств, информационных киосков (инфоматов) и аналогичных устройств; услуги по передаче данных и предоставлению доступа к информационно-телекоммуникационной сети Интернет с использованием средств коллективного доступа; услуги по передаче данных и предоставлению доступа к информационно-телекоммуникационной сети Интернет с использованием точек доступа. При этом отсутствует обоснование критериев, используемых регулятором, экономическими расчётами или учётом социальных факторов.

Ранние определения универсальных услуг связи не были технологически нейтральными и, как следствие, не учитывали развитие технологий и возрастающие ожидания относительно потребительских свойств услуг связи. Технологические ограничения, наподобие «таксофон», «проводная абонентская линия», недостаточно универсальны для обеспечения масштабируемости и диффузии универсальных услуг связи. На настоящем этапе многие правительства признают прогресс в области технологий, конвергенцию услуг, сетей и устройств и совершенствуют универсальные услуги связи путём нейтрализации технологий и рядом других параметрических групп: например, применение беспроводных технологий, широкополосного доступа, учёт интересов лиц с ограниченными возможностями (приспособление таксофонов), государственных учреждений (школы, библиотеки, медицинские центры). В некоторых странах универсальные услуги так же включают элементы инфраструктуры сетей доступа, субсидирование пользовательского оборудования, развитие программного обеспечения и контента, соединения с аварийным и информационно-справочными службами.

Способы финансирования УУС разнообразны: кросс-рыночное субсидирование, сбор регулятором рынка части выручки операторов связи в качестве вклада в оказание УУС, финансирование через систему общего налогообложения, оплаты частотного спектра операторами беспроводной связи или распределения издержек между всеми пользователями. Законодательство некоторых стран регулирует не только финансирование универсальных услуг связи, но и способ формирования соответствующих

фондов. В отношении размещения фондов универсального обслуживания также существует несколько подходов. Традиционно фонд УУС размещается в государственном бюджете или в бюджете оператора связи, занимающего монополистическое положение, однако все большую популярность обретает проведение реверсивных аукционов. В РФ резерв универсального обслуживания формируется из отчислений лицензиалов услуг связи в размере 1,2% от выручки. Средства, указанного фонда предоставляются оператору универсального обслуживания, который определяется по результатам конкурса. Всего с 2007 г. на УУС в РФ было потрачено более 80 млрд руб.

Таким образом, структура УУС неоднородна, а факторы её формирующие весьма разнообразны. Анализ исследований и источников регулирования развития универсальных услуг позволил сделать следующие выводы:

1) универсальные услуги необходимы для предоставления гарантий их оказания потребителям, для которых эти услуги недоступны на соответствующем коммерческом рынке;

2) унифицированные и стандартизированные услуги не смогут удовлетворить потребности всех граждан и потребителей, соответственно определение универсальных услуг следует периодически адаптировать;

3) определение универсальных услуг должно конкретизировать конечный результат и быть технологически нейтральным;

4) конкретные группы, уязвимые с точки зрения получения услуг, должны быть обеспечены различными формами поддержки при получении универсального доступа, особенно в технологической плоскости.

Обзор критериев для определения услуг универсального обслуживания в телекоммуникациях позволяет сделать вывод о разнообразии подходов к определению услуг универсального обслуживания и отсутствию единой методологии определения критерия необходимости универсальной услуги. Принимая во внимание тенденции замещения универсальных услуг универсальным доступом, значимость технологической нейтральности большинства исследований проблем УУС, предложена адаптация определения УУС в соответствии с объективно сложившимися экономическими, технологическими, социальными и прочими тенденциями развития отрасли. В отличие от существующего определения, УУС рассматривается не как конечный перечень услуг связи, а как услуга доступа, приобретающая свойства гетерогенности, технологической и функциональной нейтральности: универсальный доступ к глобальной сети в варианте технологически

нейтрального высокоскоростного доступа для передачи данных (который включает в себя возможность телефонных переговоров) и узкополосный доступ (т.е. проводная или беспроводная телефонная связь для локалитетов, где нет необходимости в более затратном широкополосном доступе). Гетерогенность определения УУС позволяет термину продолжаться оставаться адекватным в долгосрочной перспективе и независимым по мере развития технологий и функционального разнообразия.

Такой пространственно ориентированный гетерогенный технологически нейтральный универсальный доступ имеет ряд преимуществ относительно существующей программы УУС и соответствует всем критериям универсальной услуги связи, законодательно определенным юрисдикциями большинства развитых стран (табл. 1).

С целью повышения результативности исследований и решения проблем цифрового неравенства на территориях с низкой плотностью населения целесообразен

переход от понятия «населенный пункт» к понятию «локалитет» – территория постоянного или систематического временного пребывания людей, требующая наличия технической возможности получить УУС, в частности установить телефонное соединение (автомобильные и железные дороги, туристические маршруты, места сезонного отдыха, маршруты отгонного животноводства, пешие посты лесничих, малые населенные пункты и пр.). Для локалитетов выработана целевая типологическая линия, соответствующая задачам диффузии УУС и сокращения территориального цифрового неравенства. В качестве набора признаков локалитета предложены людность, социальный и производственный функционал и сетевая центральность расселения (оценивающая интенсивность входящих и исходящих связей, количество маршрутов, расстояние между локалитетами), в отличие от параметра численность населения, применяемого для населенных пунктов (табл. 2).

**Таблица 1**

Критерии принадлежности услуги к числу универсальных услуг связи

Страна	Критерии необходимости универсальной услуги
Австралия	значительная важность услуги; обоснованность цены; практичность и эффективность процесса распространения услуги; влияние на прочие политические цели
ЕС	значение для образовательных целей, свободы выражения и доступа к информации
Япония	незаменимость для жизни каждого человека; популярность услуг; доступность и полное географическое покрытие
Корея	уровень технологического развития услуги; уровень проникновения и популярность услуги; общественный интерес к услуге и ее безопасность; продвижение социальных ценностей; повышение информатизации
Великобритания	защита интересов потребителей в малонаселенных районах, предотвращение социальной и экономической изоляции, экстерналия; увеличение темпов экономического роста
США	существенное значение для образования, здравоохранения или общественной безопасности; высокая степень проникновения услуги; услуга предоставляется посредством телекоммуникационной сети; удобство услуги и ее согласованность с общественными интересами; повышение темпов экономического роста, создание рабочих мест, глобальная конкурентоспособность, повышение качества жизни

**Таблица 2**

Сетевые характеристики локалитетов

Характеристика	Сетевое определение
Degree	Общее количество входящих, исходящих или ненаправленных связей. Признак сетевой активности – интенсивности миграционных потоков, инициируемых или терминируемых локалитетом
Indegree	Количество входящих связей. Признак сетевого притяжения для соседних локалитетов – доноров трудовой или иной форм иммиграции
Outdegree	Количество исходящих связей. Признак сетевой зависимости от соседних локалитетов – мест притяжения трудовой или иной форм эмиграции
Betweenness	Отношение количества кратчайших маршрутов на сети, проходящих через данный локалитет, к общему количеству маршрутов на сети
Closeness	Усредненная сетевая длина между локалитетом и всеми остальными локалитетами на сети

Характеристики локалитета	Параметры локалитета		
Социальные характеристики	среднее учебное заведение	широкополосный	
	пункт медицинского обслуживания		
Сетевые характеристики	связанность (degree)>1	узкополосный	
	сетевая транзитность (betweenness)>1		
	связанность (degree)=1		
Функциональные характеристики	сетевая транзитность (betweenness)=1	узкополосный	широкополосный
	сельскохозяйственный	широкополосный	
	торговый (фактория)		
	промышленный		
	транспортный	узкополосный	
	научно-исследовательский (научная станция)		
туристический			
Геодезические характеристики	военный (гарнизон)		
	линейный		
	очаговые	узкополосный	широкополосный

0 100 200 300 400 500 → Людность

### Модель пространственно ориентированного универсального доступа

Каждый вид локалитета из предложенной типологической линии приведен в соответствие с адекватным типом универсального доступа (рисунок). Такой подход позволяет дифференцировать локалитеты по типам универсального доступа, определить оптимальный набор ИКТ-услуг, более рационально использовать средства фонда УУС.

### Заключение

Предложенный механизм формирования УУС, как основополагающий инструмент государственной политики единства общенационального инфокоммуникационного пространства, учитывает интересы всех слоев населения, в т.ч. проживающих в сельской местности и прежде всего в удаленных и труднодоступных районах. Преимущества пространственно ориентированного, гетерогенного, технологически нейтрального универсального доступа обеспечивают масштабируемость и достаточную универсальность любой программы распространения УУС по территориям.

### Список литературы

1. Шарифьянов Т.Ф., Гайнанов Д.А. Экономические условия развития региональной телекоммуникационной инфраструктуры // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2013. – № 10. – Режим доступа: <http://www.uecs.ru/regionalnaya-ekonomika/item/2391-2013-10-02-06-30-26> (Дата обращения 20.09.2016 г.).
2. Шарифьянов Т.Ф., Гайнанов Д.А. Трансформация модели преодоления цифрового неравенства в сельской местности // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2015. – № 12; Режим доступа: [http://uecs.ru/index.php?option=com\\_flexicontent&view=items&id=3859](http://uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=3859) (Дата обращения 20.09.2016 г.).

3. Федеральный закон «О связи» от 07.07.2003 № 126-ФЗ // Российская газета. Федеральный выпуск. – 2003. – № 135 (3249), 10 июля.

4. Christian Jaag and Urs Trinkner, The future of the USO – Economic rationale for universal services and implications for a future-oriented USO (2011) <<http://www.swiss-economics.ch/RePEc/files/0026JaagTrinkner.pdf>> accessed 11 September 2013.

5. Eijk N. van, Poort J. Universal service and disabled people // Telecommunications Policy. – 2012. – № 36(2). – P. 85–95. doi:10.1016/j.telpol.2011.11.022.

6. Goggin, G., Realising Universal Communications (2010) <<https://accan.org.au/index.php/access-for-all/research-reports/57-realising-universal-communications>> accessed 29 August 2013.

### References

1. Sharifjanov T.F., Gajnanov D.A. Jekonomicheskie uslovija razvitija regionalnoj telekommunikacionnoj infrastruktury // Upravlenie jekonomicheskimi sistemami: jelektronnyj nauchnyj zhurnal. 2013. no. 10. Rezhim dostupa: <http://www.uecs.ru/regionalnaya-ekonomika/item/2391-2013-10-02-06-30-26> (Data obrashhenija 20.09.2016 g.).
2. Sharifjanov T.F., Gajnanov D.A. Transformacija modeli preodolenija cifrovogo neravenstva v selskoj mestnosti // Upravlenie jekonomicheskimi sistemami: jelektronnyj nauchnyj zhurnal. 2015. no. 12; Rezhim dostupa: [http://uecs.ru/index.php?option=com\\_flexicontent&view=items&id=3859](http://uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=3859) (Data obrashhenija 20.09.2016 g.).
3. Federalnyj zakon «O svjazi» ot 07.07.2003 no. 126-FZ // Rossijskaja gazeta. Federalnyj vypusk. 2003. no. 135 (3249), 10 ijulja.
4. Christian Jaag and Urs Trinkner, The future of the USO Economic rationale for universal services and implications for a future-oriented USO (2011) <<http://www.swiss-economics.ch/RePEc/files/0026JaagTrinkner.pdf>> accessed 11 September 2013.
5. Eijk N. van, Poort J. Universal service and disabled people // Telecommunications Policy. 2012. no. 36(2). R. 85–95. doi:10.1016/j.telpol.2011.11.022.
6. Goggin, G., Realising Universal Communications (2010) <<https://accan.org.au/index.php/access-for-all/research-reports/57-realising-universal-communications>> accessed 29 August 2013.

УДК 658.5:005.13

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОНЦЕПЦИИ ПОСТОЯННОГО УЛУЧШЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Шилкина А.Т.

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет  
им. Н.П. Огарёва», Саранск, e-mail: alvina\_2007@list.ru*

В статье определена значимость реализации концепции постоянного улучшения деятельности предприятий в условиях нестабильной экономической ситуации. Представлены актуальные инструменты и методы, действие которых направлено на поддержание и развитие ключевых бизнес-процессов. Приведен литературный обзор источников и подходов, а также выработана собственная позиция относительно содержания понятия постоянного улучшения. Рассмотрены и идентифицированы основные положения концепции постоянного улучшения в новой версии стандарта ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Представлена сравнительная характеристика методов оптимизации производства и повышения эффективности деятельности организации, а также обозначена прямая их взаимосвязь с методами и принципами постоянного улучшения. Определена цель внедрения системы постоянного улучшения бизнес-процессов в организации и адаптирована универсальная модель ее реализации.

**Ключевые слова:** концепция постоянного улучшения, бизнес-процесс, стандарт ИСО серии 9000, непрерывное совершенствование, кайдзен, методы оптимизации, процесс производства, реинжиниринг, межфункциональные команды

## TRENDS OF THE PERMANENT IMPROVE CONCEPT OF BUSINESS PROCESSES: THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS

Shilkina A.T.

*Ogarev Mordovia State University, Saransk, e-mail: alvina\_2007@list.ru*

The article defines the importance of implementing the concept of continuous improvement of enterprise activity in the conditions of unstable economic situation. Provides current tools and methods, the effect of which is directed to the maintenance and development of key business processes. An overview of the literary sources and approaches, and developed its own position on the content of the concept of continuous improvement. Identified basic concept of continuous improvement in the new version of the standard GOST R ISO 9000-2015. The comparative characteristic of methods to optimize production and improve the efficiency of the organization, as well as the designated direct their relationship with the methods and principles of continuous improvement. Determine the purpose of implementing the system of continuous improvement of business processes in the organization and adapted universal model for its implementation.

**Keywords:** the continuous improvement concept, business process, ISO 9000, continuous improvement, kaizen, optimization techniques, production process, reengineering, cross-functional teams

В настоящее время многие предприятия находятся на стадии экономического кризиса, опосредованного процессами импортозамещения и санкциями, поэтому для них необходимо применение актуальных инструментов и методов оптимизации бизнес-процессов в целях устойчивого функционирования и развития, а также овладения новыми концептуальными и методологическими подходами к осуществлению преобразований, направленных на поддержание и улучшение их деятельности.

Научное направление, исследующее теоретические подходы, принципы и методы улучшения деятельности организаций, трактуется в настоящее время как концепция постоянных улучшений или как новая философия бизнеса.

Концепция усилий на улучшение бизнес-процессов проникла в самые отда-

ленные уголки организаций. Работа по улучшению бизнес-процессов начинается с концентрации внимания на определении, понимании и улучшении мероприятий, протекающих в рамках основных процессов. Улучшение бизнес-процессов в целом приводит к снижению затрат, длительности цикла и уровня ошибок.

На протяжении долгого времени зарубежные и отечественные ученые, такие как Дж. Джуран, Ф. Тейлор, Г. Форд, У.Э. Деминг, Дж. Харрингтон, Дж. Стивенсон, М. Коленсо, М. Хаммер, Н.Д. Кондратьев, О.С. Виханский и другие, делали свои разработки, эксперименты и формировали тем самым единую методологию и, как следствие, концепцию постоянного улучшения и совершенствования управления, а также деятельности организации в целом. Но свое практическое применение и развитие

данная концепция получила за счет обеспечения поддержки и адаптивности персонала в организации, т.к. многие направления совершенствования касались именно организации труда, улучшения его условий, стимулирования и др.

Следует подчеркнуть, что на русском языке существуют различные варианты перевода термина «continuous improvement», в частности, «непрерывное усовершенствование», «непрерывное совершенствование», «непрерывное улучшение», «постоянное совершенствование» и т.п. Теперь в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9000-2015 следует применять термин «постоянное улучшение» [3, с. 10]. В настоящее время в современной литературе содержится ряд важных взаимоувязанных определений содержания постоянного улучшения. Приведем некоторые из них.

Дж. Харрингтон определяет постоянное улучшение как оптимизацию бизнес-процессов, которую можно достичь в том случае, если менеджмент организации обладает систематизированными знаниями в этой области.

Б. Андерсен выделяет термин «совершенствование», необходимость которого обосновывает темпами развития внешней среды и актуальностью используемых методов управления: «что было вполне удовлетворительно еще несколько лет назад, сегодня дышит на ладан» [1, с. 44].

В требованиях ГОСТ ISO 9000-2011 постоянное улучшение определялось, как повторяющаяся деятельность по увеличению способности выполнять требования.

В новой версии ГОСТ Р ИСО 9000-2015 имеется ряд определений, взаимоувязанных с определением постоянного улучшения. Приведем некоторые из них:

П. 3.3.1 «Улучшение» – действия по улучшению результатов деятельности.

П. 3.3.8 «Улучшение качества» – часть менеджмента качества, направленная на повышение способности выполнить требования к качеству.

П. 3.6.12 «Возможность» – способность объекта получить выход, который будет соответствовать требованиям к этому выходу.

П. 3.6.14 «Надежность» – способность функционировать, как и когда необходимо.

П. 3.6.15 «Инновация» – новый или измененный объект, создающий или перепределяющий ценность.

Обобщение основных подходов к определению понятия постоянного улучшения, а также их отличительные особенности представлены в табл. 1.

Обобщение различных подходов к определению понятия «постоянное улучшение» и качественное его наполнение позволяет сформулировать следующее определение постоянного улучшения. Под постоянным улучшением следует понимать непрерывный процесс совершенствования всех элементов организации (продукции, процессов, системы, оборудования, использования рабочей силы и производственных методов), повышения её возможностей посредством использования внутреннего потенциала организации, выражающегося в повышении производительности труда, качестве продукции, процессов и управления, вовлеченности персонала в деятельность по постоянному улучшению, рационализации и инновациях.

В ГОСТ Р ИСО 9004-2010 наряду с тем, что к мерам по совершенствованию могут относиться как постоянные незначительные улучшения, так и существенные улучшения в масштабах всей организации, предприятию следует устанавливать цели по совершенствованию продукции, процессов, структур и систем менеджмента на основе анализа данных [4, с. 14].

Концепция улучшения бизнес-процессов основывается на двух подходах:

1. «Прорывной» подход – реинжиниринг.
2. Постоянное улучшение процессов – кайдзен.

По определению М. Хаммера, реинжиниринг процесса – фундаментальное переосмысление и радикальная реконструкция бизнес-процессов компаний, имеющее целью резкое увеличение показателей их деятельности, таких как затраты, качество и скорость. Его также часто называют инновацией процесса, поскольку его успех в основном основывается на инновациях и творческих способностях команды по улучшению процесса.

Такой подход обеспечивает свежий взгляд на цели процесса и полностью игнорирует существующий процесс и структуру организации.

Кайдзен понимается как непрерывный процесс совершенствования, в который вовлечены все – высшие менеджеры, менеджеры среднего звена и рабочие [7, с. 34].

Масааки Имаи в своей книге «Кайдзен. Ключ к успеху японских компаний» представлял кайдзен как стратегию-зонтик, объединяющую многие известные методы оптимизации производства и повышения эффективности деятельности организации (табл. 2) [7, с. 22].

Таблица 1

Подходы к определению понятия постоянного улучшения

Автор	Определение	Примечание
Харрингтон Дж. [8, с. 30]	Улучшение бизнес-процесса – это методология, разработанная для проведения пошаговых усовершенствований административных и вспомогательных процессов	Данное определение ориентируется на пошаговое усовершенствование всех бизнес-процессов организации
Н.Д. Кондратьев [5, с. 138]	Постоянное улучшение – это не решение проблем в соответствии с установленными требованиями (к продукции, процессам, системам), а скорее всего это готовность изменяться, даже когда все хорошо	В данном определении подчеркивается принцип непрерывности протекания процесса постоянного улучшения деятельности организации применительно к различным объектам
ГОСТ ISO 9000-2011 [2, с. 8]	Постоянное улучшение – повторяющаяся деятельность по увеличению способности выполнять требования	Данное определение ориентируется на улучшение результативности систем менеджмента, которая определена следующим образом: «Результативность – степень реализации запланированной деятельности и запланированных результатов»
ГОСТ Р ИСО 9000-2015 [3, с. 10]	Постоянное улучшение – повторяющаяся деятельность по улучшению результатов деятельности	Данное определение ориентируется на улучшение результатов деятельности, которые определены следующим образом: «Результаты деятельности – измеримый итог». При этом результаты деятельности могут относиться как к количественным, так и к качественным данным
Р. Чейз [9, с. 45]	Постоянное улучшение – постоянный процесс совершенствования оборудования, материалов, использования рабочей силы и производственных методов с помощью реализации всех полезных предложений и идей	Постоянное улучшение управляемых процессов является одним из восьми базовых принципов TQM. При этом акцент делается на вовлеченность персонала в деятельность по постоянному улучшению посредством реализации полезных предложений и идей
Производственная система Toyota	Постоянное улучшение – это философия, которая стремится совершенствовать все факторы, связанные с процессом преобразования входных параметров в конечный продукт на продолжительной основе	Всеобщий уход за оборудованием осуществляется с использованием широкого набора инструментов постоянного совершенствования

Таблица 2

Методы оптимизации производства и повышения эффективности

Концепция / Методы	Методы оптимизации производства	Методы повышения эффективности
Кайдзен	Ориентация на потребителя	Канбан
	TQC (всеобщий контроль качества)	Повышение качества
	Роботизация	Точно вовремя
	Кружки контроля качества	Ноль дефектов
	Система предложений	Работа малых групп
	Автоматизация	Отношения сотрудничества между менеджерами и рабочими
	Дисциплина на рабочем месте	Повышение производительности
	TPM (всеобщий уход за оборудованием)	Разработка новой продукции

При всех различиях этих систем, их объединяет одно – они ориентированы на постоянное повышение результативности и эффективности процессов, той основы, на которой базируются цели улучшения продукции, процессов и всей деятельности организации в целом.

В определении П. Друкера они выглядят следующим образом:  
 – сегодняшний бизнес следует делать эффективным;  
 – его потенциал должен быть выявлен и реализован;

– это должно быть сделано для иного бизнеса, который будет существовать в ином будущем.

Эти цели пересекаются и требуют единой стратегии в отношении различных по своему содержанию процессов улучшения. Менеджмент должен установить четкие цели для каждого субъекта процесса постоянного улучшения и иметь план развертывания стратегий, который должен доводиться до низших уровней управления изменениями. При этом цели поэтапного постоянного улучшения должны быть увязаны с целями проектов прорыва. Важен также баланс между экономическими и социальными целями организационных улучшений.

Разные авторы выделяют разное количество ключевых принципов, на которых основывается кайдзен. При этом обычно в их число включают следующие:

1. Концентрация на клиентах – для компании, использующей кайдзен, важнее всего, чтобы их продукция (услуги) удовлетворяли потребности клиентов.

2. Непрерывные изменения – непрерывные малые изменения во всех сферах организации – снабжении, производстве, сбыте, личностных взаимоотношениях.

3. Открытое признание проблем – все проблемы открыто выносятся на обсуждение.

4. Пропаганда открытости – малая степень обособленности между отделами и рабочими местами.

5. Создание рабочих команд – каждый работник становится членом рабочей команды и соответствующего кружка качества.

6. Управление проектами при помощи межфункциональных команд.

7. Формирование «поддерживающих» отношений – для организации важны не

только и не столько финансовые результаты, сколько вовлечённость работников в ее деятельность и хорошие взаимоотношения между работниками.

8. Развитие самодисциплины – умение контролировать себя и уважать как самого себя, так и других работников и организацию в целом.

9. Информирование сотрудников – весь персонал должен быть полностью информирован о своей компании.

10. Делегирование полномочий каждому сотруднику.

11. Обучение персонала – постоянное обучение и самообучение новым методам и средствам управления.

Целью внедрения системы постоянного улучшения в организации является повышение эффективности деятельности и конкурентоспособности компании за счет повышения производительности, эффективности и адаптивности ее бизнес-процессов.

В настоящее время учеными разрабатывается огромное количество различных моделей постоянного улучшения.

Важным моментом является определение того, кто является субъектом процесса постоянного улучшения и что является объектом улучшений. Все это можно представить в виде компонентов, объединенных в систему постоянных улучшений бизнес-процессов организации (рисунок).

Таким образом, вопросы организации и управления производственными, административными и техническими процессами, обеспечения их непрерывности и стратегической направленности становятся все более актуальными. Нами было дано определение понятию постоянного улучшения, в котором мы характеризуем его как непрерывный



Модель системы постоянного улучшения [6, с. 342]

процесс совершенствования всех элементов организации: продукции, процессов, системы, оборудования, использования рабочей силы и производственных методов.

### Список литературы

1. Андерсен Б. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования / Б. Андерсен. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2005. – 432 с.
2. ГОСТ ISO 9000-2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартинформ, 2012 – 32 с.
3. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Введ. 2015-09-28. – М.: Стандартинформ, 2015. – 54 с.
4. ГОСТ Р ИСО 9004-2010. Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества. Введ. 2010-11-23. – М.: Стандартинформ, 2011. – 46 с.
5. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. – М.: Экономика, 2002. – 768 с.
6. Лапшин В.С. Управление бизнес-процессами: учеб. пособие. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2015. – 385 с.
7. Масааки И. Гемба кайдзен. Путь к снижению затрат и повышению качества. – М.: Альпина Паблишер, 2015. – 344 с.
8. Харрингтон Дж. Оптимизация бизнес-процессов. Документирование, анализ, управление, оптимизация / Дж. Харрингтон, К.С. Эсселинг. – СПб.: БМикро, 2002. – 320 с.

9. Чейз Р.Б. Производственный и операционный менеджмент / Р.Б. Чейз, Н.Дж. Эквилайн. – М.: Альпина Паблишер, 2004. – 704 с.

### References

1. Andersen B. Biznes-processy. Instrumenty sovershenstvovaniya / B. Andersen. M.: RIA «Standarty i kachestvo», 2005. 432 p.
2. GOST ISO 9000-2011. Sistemy menedzhmenta kachestva. Osnovnye polozheniya i slovar. Vved. 2013-01-01. M.: Standartinform, 2012 32 p.
3. GOST R ISO 9000-2015. Sistemy menedzhmenta kachestva. Osnovnye polozheniya i slovar. Vved. 2015-09-28. M.: Standartinform, 2015. 54 p.
4. GOST R ISO 9004-2010. Menedzhment dlja dostizheniya ustojchivogo uspeha organizacii. Podhod na osnove menedzhmenta kachestva. Vved. 2010-11-23. M.: Standartinform, 2011. 46 p.
5. Kondratev N.D. Bolshie cikly kon#junktury i teorija predvideniya. M.: Jekonomika, 2002. 768 p.
6. Lapshin V.S. Upravlenie biznes-processami: ucheb. posobie. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2015. 385 p.
7. Masaaki I. Gemba kajden. Put k snizheniju zatrat i povsheniju kachestva. M.: Alpina Pablisher, 2015. 344 p.
8. Harrington Dzh. Optimizacija biznes-processov. Dokumentirovanie, analiz, upravlenie, optimizacija / Dzh. Harrington, K.S. Jesseling. SPb.: BMikro, 2002. 320 p.
9. Chejz R.B. Proizvodstvennyj i operacionnyj menedzhment / R.B. Chejz, N.Dzh. Jekvilajjn. M.: Alpina Pablisher, 2004. 704 p.

УДК 519.872/67

## ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТДЕЛЕНИЯ БАНКА В СРЕДЕ SIMEVENTS СИСТЕМЫ MATLAB+SIMULINK

<sup>1</sup>Щукина Н.А., <sup>1</sup>Горемыкина Г.И., <sup>2</sup>Тарасова И.А.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова»,  
Москва, e-mail: shchukinan@ya.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград

В статье исследуется специфика применения дискретно-событийного моделирования в процессе принятия управленческих решений по оптимизации банковской деятельности. Представлена разработка дискретно-событийной модели деятельности отделения банка как системы массового обслуживания, входной поток заявок которой имеет показательное распределение, а поток обслуженных заявок подчинен нормальному закону распределения. Компьютерная реализация модели выполнена в среде SimEvents системы MATLAB + Simulink. В результате проведения компьютерного эксперимента были получены статистические значения параметров эффективности работы исследуемого отделения банка по обслуживанию физических лиц и сформулированы предложения по оптимизации его структуры. Проведён сравнительный анализ показателей эффективности системы массового обслуживания после проведения оптимизации. Полученные результаты подтверждают универсальность и эффективность дискретно-событийного подхода при имитационном моделировании систем массового обслуживания.

**Ключевые слова:** система массового обслуживания, имитационное моделирование, показатели эффективности системы, оптимизация, очередь

## DISCRETE-EVENT SIMULATION ACTIVITIES OF BANK BRANCH IN SIMEVENTS OF MATLAB+SIMULINK

<sup>1</sup>Schukina N.A., <sup>1</sup>Goremykina G.I., <sup>2</sup>Tarasova I.A.

<sup>1</sup>Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: shchukinan@ya.ru;

<sup>2</sup>Volgograd State Technical University, Volgograd

The article explores the application of discrete event simulation in the process of making managerial decisions on optimization of the banking activity. Developed discrete-event model of the activities of the Bank branch as queuing system, the input stream of applications has exponential distribution, and the flow of serviced requests is subordinate to the normal distribution law. Computer implementation of the model is in the environment of SimEvents of MATLAB + Simulink. As a result of the computer experiment were obtained from the statistical values of parameters of efficiency of the studied branches of banking services to individuals, and offered recommendations for optimizing its structure. A comparative analysis of indicators of efficiency of a queuing system after the optimization. The obtained results confirm the versatility and efficiency of discrete-event approach to simulation modeling of queuing systems.

**Keywords:** queuing system, simulation, efficiency indicator, optimization, queue

В настоящее время всё большее развитие и распространение получает имитационное моделирование. Это обусловлено возросшей необходимостью исследования сложных систем, а имитационное моделирование небезосновательно считают одним из наиболее эффективных методов исследования таких систем [3].

При решении задач оптимизации управления в сфере банковской деятельности приходится иметь дело с системами массового обслуживания (СМО), которые предназначены для многократного выполнения однотипных задач. Каждая система массового обслуживания предназначена для выполнения некоторого потока требований (заявок), которые поступают на вход системы в случайные моменты времени. Обслу-

живание этих заявок в общем случае длится случайное время. Именно случайный характер потока заявок и времени их обслуживания приводит к неравномерной загруженности СМО.

Любая система массового обслуживания характеризуется показателями ее эффективности. Поэтому при формализации задач обслуживания вполне естественно стремление построить СМО таким образом, чтобы установить разумный компромисс между показателями, связанными с заявками и полнотой использования возможностей системы. При моделировании СМО необходимо выбрать такой показатель ее эффективности, который учитывает одновременно требования и возможности и тех, кого обслуживает, и тех, кто обслуживает.

В качестве показателя экономической эффективности может быть выбран минимум затрат, связанных с обращением системы (затраты, связанные с эксплуатацией СМО и простоем каналов обслуживания) и обслуживания заявок (потери, связанные с пребыванием заявок в очереди и с уходом необслуженных заявок) [1]. В исследовании [7] представлена комплексная статистическая имитационная модель СМО торгового предприятия. В качестве показателя ее эффективности выбрано количество каналов обслуживания, при котором число обслуженных заявок обеспечивает максимум функции чистой прибыли, учитывающей налоговые отчисления, размер заработной платы кассиров и стимулирующие надбавки персоналу, величину наценки на товары различных категорий и недополученную прибыль от различных категорий товаров.

Реальные системы массового обслуживания, как правило, состоят из большого числа элементов и имеют сложные внутренние связи. Использование аналитических моделей в таких случаях не позволяет получить достоверных результатов, и зачастую для построения и изучения СМО переходят к имитационным моделям [2]. Целью исследования является построение имитационной модели деятельности отделения банка по обслуживанию физических лиц на основе дискретно-событийного подхода. При этом отделение банка рассматривается как система массового обслуживания с  $s$  устройствами, каждое из которых может одновременно обслуживать только одно требование.

#### **Постановка задачи моделирования**

Программная модель системы массового обслуживания должна адекватно отражать поведение элементов системы в процессе ее функционирования, т.е. в их взаимодействии друг с другом и внешней средой, и в то же время не создавать трудностей при ее реализации.

В основе разработки программной реализации СМО используется принцип дискретно-событийного моделирования. Дискретно-событийное моделирование используется для построения моделей, отражающих развитие системы во времени, когда состояния переменных системы меняются мгновенно в конкретные моменты времени [6]. Состояние системы определяется как совокупность переменных, необходимых для ее описания на определенный момент времени в соответствии с задачей

исследования. Например, при исследовании работы банка переменными состояниями могут служить: число занятых кассиров, число посетителей в банке, время прибытия каждого клиента в банк и др. В качестве критерия остановки прогона при имитационном моделировании могут выступать обработка определенного количества требований или достижение определенного времени моделирования. При моделировании СМО также следует учитывать влияние вида закона распределения входного потока заявок на статистические характеристики выходных параметров системы [5]. Поэтому оптимизировать характеристики эффективности системы в целом невозможно без учета влияния вида закона распределения входного потока заявок.

Интервалы времени между поступлением требований являются независимыми случайными величинами со средним значением  $\mu_A$ . Время обслуживания также является случайной некоррелированной с интервалами поступления требований величиной. Среднее значение времени обслуживания требований –  $\mu_S$ . В качестве входных параметров системы выберем количество каналов обслуживания  $s$ , среднее время поступления заявок  $\mu_A$ , среднее время обработки требований  $\mu_S$ , длину очереди  $l$ . В качестве выходных параметров системы будем рассматривать следующие показатели: коэффициент использования системы, среднее время ожидания заявки в очереди, среднее время пребывания заявки в системе, среднее по времени число требований в очереди, среднее по времени число требований в системе, относительная пропускная способность системы. При оценке эффективности работы СМО необходимо сопоставить доходы от выполнения заявок с потерями от простоя каналов обслуживания (с одной стороны, будем иметь высокую пропускную способность, а с другой стороны – значительный простой каналов обслуживания) и выбрать компромиссное решение.

#### **Пример имитационной модели и предложения по оптимизации**

Рассмотрим работу отделения банка по обслуживанию физических лиц с дисциплиной обслуживания – FIFO (First-In, First-Out) – очередь: требования обслуживаются по принципу «первым пришел – первым обслужен». Для исследования интенсивности входного потока заявок собрана статистическая информация. В течение каждого дня недели время поступления клиентов

изменяется от 9 до 20 часов. Время между приходом двух клиентов является случайной величиной с показательным законом распределения ( $\mu_A = 5$  мин), а время обслуживания подчиняется нормальному закону распределения с математическим ожиданием  $\mu_S = 6,5$  мин и средним квадратическим отклонением 3 мин. В том случае, если в момент прихода нового клиента оператор занят, то клиент встает в очередь. При этом имеются места ожидания, число которых равно 10. Если же все места заняты, то клиент уходит и не ждет обслуживания. Для работы по обслуживанию клиентов привлечены два оператора.

Для проведения имитационного эксперимента деятельности отделения в течение одного рабочего дня выбрана среда моделирования SimEvents пакета MATLAB+Simulink, имеющего большой набор различных блоков, которые обеспечивают различные воздействия с временными и функциональными зависимостями, а также блоки получателей информации [4].

При дискретно-событийном моделировании используется понятие сущностей (*entities*), которые могут перемещаться через сети очередей (*queues*), серверов (*servers*)

и переключателей (*switches*), управляемых дискретными событиями, в процессе моделирования. Графические блоки *SimEvents* могут представлять компонент, который обрабатывает сущности, но сами сущности не имеют графического представления. Ключевые процессы моделирования состоят из следующих основных блоков: генерации сущностей (блок *Time-Based Entity Generator*), хранения сущностей в очереди (блок *FIFO Queue*), обслуживания сущностей (блок *SingleServer*) и отображения информации о ходе моделирования (блоки *SignalScope* или *Display*). Для каждого блока необходимо установить параметры, которые соответствуют требованиям моделируемой системы.

Установим время моделирования 660 мин, что соответствует времени работы отделения с 9 до 20. Схема полученной модели и результаты моделирования представлены на рис. 1.

Блок *SignalScope* характеризует процедуру прохождения требований через накопитель. Из графика, изображенного на рис. 2, видно, что не все заявки сразу поступают на обслуживание, некоторые заявки формируют очередь.

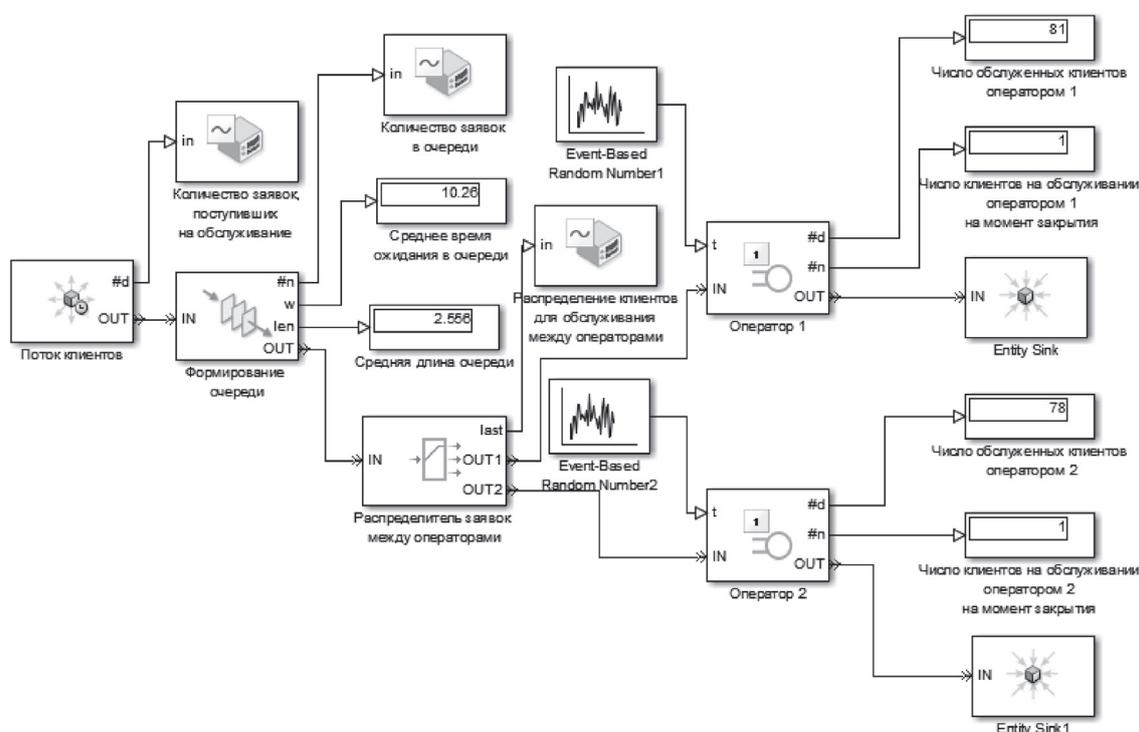


Рис. 1. Схема модели и результаты моделирования работы отделения банка при наличии двух операторов-кассиров

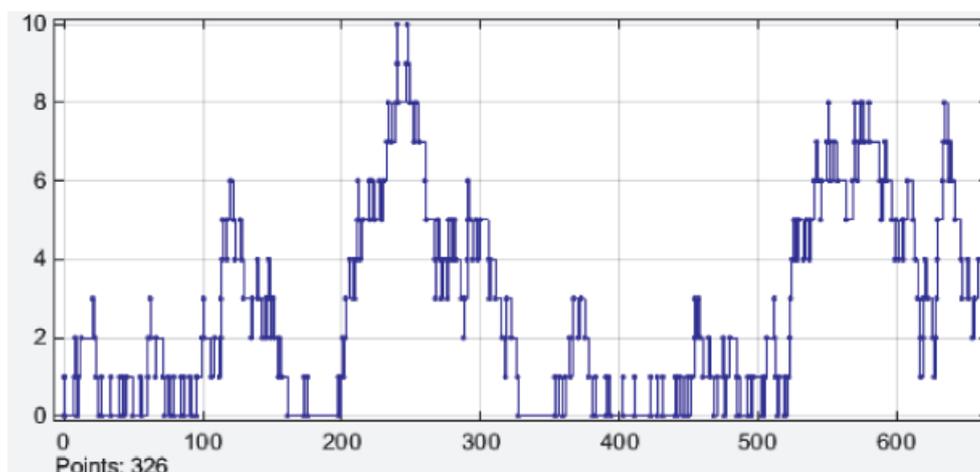


Рис. 2. Процедура прохождения заявок через накопитель

По результатам проведения имитационного моделирования работы отделения банка по обслуживанию физических лиц можно сделать следующие выводы:

- в течение одного рабочего дня в отделение приходят в среднем 165 клиентов, из которых в течение рабочего дня обслужены оказываются 159 клиентов т.е. относительная пропускная способность составляет 96,4%;
- среднее время ожидания клиентом обслуживания составляет 10,26 минут;
- среднее число клиентов, находящихся в очереди, составляет 2,6 человека;
- на момент закрытия в очереди остаются четыре требования и двое клиентов находятся на обслуживании операторами;
- в течение рабочего дня оба оператора оказываются примерно одинаково загруженными, при этом первый оператор обслуживает 50,9% поступивших на обслуживание требований. Коэффициент использования системы составляет 78,3%.

Очевидно, что относительная пропускная способность данной системы достаточно высокая, но время пребывания клиентов в очереди весьма продолжительное. Анализ других характеристик эффективности обслуживания при наличии двух операторов свидетельствует о значительной перегрузке отделения. Поэтому для улучшения работы с клиентами рекомендуется либо сократить среднее время обслуживания клиента, что может повлечь за собой снижение качества обслуживания и увеличение неудовлетворенности этим обслуживанием, либо увеличить число операторов-кассиров, что повлечет за собой дополнительные издержки по

содержанию и обслуживанию дополнительного канала обслуживания. Рассмотрим модель работы рассматриваемого отделения при наличии трех операторов и прежних входных данных.

В результате проведенного моделирования работы данного отделения банка получены следующие результаты:

- в течение одного рабочего дня в отделение обратилось 128 клиентов, из которых 123 были обслужены оператором, т.е. относительная пропускная способность системы составляет 96%;
- среднее время ожидания клиентом обслуживания сократилось до 0,49 минуты;
- среднее число клиентов, находящихся в очереди уменьшилось и составило 0,1 человек;
- на момент закрытия в очереди остаются два клиента и трое клиентов находятся на обслуживании операторами;
- в течение рабочего дня наиболее загруженным является первый оператор, который обслуживает 56 клиентов, т.е. 45,53% поступивших на обслуживание требований, менее загруженным – второй оператор, обслуживающий 42 заявки, т.е. 34,15% поступивших на обслуживание требований, а на обслуживании третьим оператором остаётся 25 клиентов, что составляет 20,32%. При этом коэффициент использования системы составляет 40,38%.

Поведенная оптимизация показала, что при наличии трех операторов-кассиров отказы в работе с клиентами будут отсутствовать, т.е. исчезнет недополученная прибыль. Эксперимент показал, что использовать трех кассиров целесообразно в периоды с 10:30

до 14:00 и с 17:30 до 20:00. Однако экономический эффект от данного мероприятия можно наблюдать в долгосрочной перспективе.

### Выводы

Созданная имитационная модель системы массового обслуживания вполне адекватно отражает работу отделения банка и может быть применена для моделирования аналогичных систем массового обслуживания. Применение современных средств визуально-ориентированного программирования позволяет использовать возможности виртуальных средств регистрации и визуализации результатов.

Созданная имитационная модель СМО отделения банка позволяет проводить оптимизацию наиболее значимых параметров системы и может быть составной частью системы поддержки принятия решений для рационализации организационной структуры и оптимизации управления.

Результаты работы модели можно считать корректными при достоверных исходных данных. Проведенный эксперимент показал, что затраты компьютерного времени, которые считаются одним из основных недостатков имитационного моделирования, не являются критичными при реальных параметрах СМО. Полученные результаты подтверждают эффективность методов компьютерного имитационного моделирования для диагностики и оптимизации систем массового обслуживания.

### Список литературы

1. Бобков С.П., Иванников А.И., Урюпина Н.М. Оптимизация структуры системы массового обслуживания // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2006. – № 3. – С. 3–5.
2. Галиуллина А.Ф., Сильнова С.В., Черняховская Л.Р. Оценка эффективности управления производственным процессом с применением имитационного моделирования на основе систем массового обслуживания // Вестник УГАТУ. – 2015. – Т. 19. № 1 (67). – С. 184–191.

3. Горемыкина Г.И., Пономарёва М.А. К вопросу о применении имитационного моделирования в управлении бизнес-процессами в условиях нестабильной экономической ситуации // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: труды XI Межд. конф. – Самара, 2009. – С. 503–508.

4. Гультяев А.К. Визуальное моделирование в среде MATLAB. – СПб.: Питер, 2000. – 432 с.

5. Дуплякин В.М., Княжева Ю.В. Выбор закона распределения входного потока заявок при моделировании системы массового обслуживания торгового предприятия // Вестн. Самарского гос. аэрокосмического ун-та им. академика С.П. Королёва (нац. исслед. ун-та). 2012. – № 6 (37). – С. 102–111.

6. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. – 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.

7. Княжева Ю.В. Повышение эффективности системы массового обслуживания торгового предприятия посредством численного статистического моделирования // Вестн. Новосиб. гос.ун-та. Серия: Социально-экономические науки. – 2014. – Т. 14, Вып. 2. – С. 83–100.

### References

1. Bobkov S.P., Ivannikov A.I., Urjupina N.M. Optimizacija struktury sistemy massovogo obsluzhivaniya. Sovremennye naukoemkie tehnologii. Regionalnoe prilozhenie. 2006. no. 3, pp. 3–5.
2. Galiullina A.F., Silnova S.V., Chernjakhovskaja L.R. Ocenka jeffektivnosti upravlenija proizvodstvennym processom s primeneniem imitacionnogo modelirovanija na osnove sistem massovogo obsluzhivaniya. Vestnik UGATU. 2015. Vol. 19, no 1 (67), pp. 184–191.
3. Goremykina G.I., Ponomarjova M.A. K voprosu o primenenii imitacionnogo modelirovanija v upravlenii biznes-processami v uslovijah nestabilnoj jekonomicheskoj situacii. Problemy upravlenija i modelirovanija v slozhnyh sistemah: trudy XI Mezhd. konf. Samara, 2009, pp. 503–508.
4. Gultjaev A.K. Vizualnoe modelirovanie v srede MATLAB. SPb.: Piter, 2000. 432 p.
5. Dupljakin V.M., Knjazheva J.V. Vybora zakona raspredelenija vhodnogo potoka zajavok pri modelirovanii sistemy massovogo obsluzhivaniya torgovogo predpriyatija. Vestnik Samarskogo gos. ajerokosmicheskogo un-ta im. akademika S.P. Koroljova (nac. issled. un-ta). 2012. no. 6 (37). pp. 102–111.
6. Kelton V., Lou A. Imitacionnoe modelirovanie. Klassika CS. 3-e izd. SPb.: Piter; Kiev: Izdatelskaja gruppa BHV, 2004. 847 p.
7. Knjazheva J.V. Povyshenie jeffektivnosti sistemy massovogo obsluzhivaniya torgovogo predpriyatija posredstvom chislenogo statisticheskogo modelirovanija. Vestnik Novosib. gos.un-ta. Serija: Socialno-jekonomicheskie nauki. 2014. Vol. 14, no. 2, pp. 83–100.