

№ 9 (230), вып. 38  
Июнь 2016

НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1995 г.  
Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук

**Учредитель:**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

**Издатель:**

НИУ «БелГУ»  
Издательский дом «Белгород»  
Адрес редакции, издателя, типографии:  
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
ПИ № ФС 77-63052 от 10 сентября 2015 г.

Выходит 4 раза в год.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ  
ЖУРНАЛА**

Главный редактор

**О.Н. Полухин,**  
ректор НИУ «БелГУ», доктор политических наук, профессор

Зам. главного редактора

**И.С. Константинов,**  
проректор по научной и инновационной работе НИУ «БелГУ», доктор технических наук, профессор

Научный редактор

**В.М. Московкин,**  
профессор кафедры мировой экономики НИУ «БелГУ», доктор географических наук

Ответственный секретарь:

**О.В. Шевченко,**  
зам. начальника УНИИ НИУ «БелГУ», кандидат исторических наук

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ  
СЕРИИ ЖУРНАЛА**

Заместители главного редактора

**Е.Г. Жилияков,**  
доктор технических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

**О.А. Ломовцева,**  
доктор экономических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

Ответственный секретарь

**А.А. Черноморец,**  
кандидат технических наук, доцент

**НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ**  
Белгородского государственного университета  
Экономика Информатика

**Belgorod State University**  
**Scientific Bulletin**  
**Economics Information technologies**

**СОДЕРЖАНИЕ**

**РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА**

- В.Л. Аничин, А.Ю. Желябовский**  
Измерение региональной дифференциации денежных доходов населения ..... 5
- А.Н. Цапков**  
Основные направления региональной политики по обеспечению земельными участками индивидуального жилищного строительства ..... 10
- Л.С. Шаховская, О.Е. Акимова, Т.И. Базарбаева**  
Стимулирование предпринимательской активности на региональном уровне (на примере Волгоградской области) ..... 21
- Е.В. Никулина**  
Инструменты воздействия на структурную динамику социально-экономической системы региона ..... 27

**ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА**

- О.А. Ломовцева, О.А. Герасименко**  
Нормативно-правовой и организационно-экономический факторы развития государственно-частного и муниципально-частного партнерства в России ..... 37
- Е.В. Фоменко, В.В. Антошкина, Л.Л. Оганесян**  
Развитие Приазовской курортно-рекреационной зоны Краснодарского края ..... 46

**РЫНОК ТРУДА И ЭКОНОМИКА ОБРАЗОВАНИЯ**

- С.Н. Прядко**  
Исследование стержневых компетенций в управлении региональными научно-образовательными организациями ..... 52

**ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ**

- Е.Н. Парфенова**  
Развитие финансовых институтов для повышения эффективности инновационной деятельности в регионах ..... 66

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И УСПЕШНЫЕ ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ**

- И.А. Морозова, Ю.А. Курбатова, А.Ю. Погорелова**  
Общественно-социальный образ как часть корпоративного имиджа компании в условиях развития концепции социальной ответственности ..... 73
- М.В. Селюков**  
О роли бренд-технологий в процессе модернизации экономики отечественных регионов ..... 83
- Б.А. Тхориков**  
Государственное управление социальной сферой: вопросы постановки целей ..... 90

#### Члены редколлегии

**В.П. Волчков**, доктор технических наук, профессор (Московский технический университет связи и информатики)

**В.Д. Дмитриенко**, доктор технических наук, профессор (Харьковский национальный технический университет «ХПИ»)

**О.В. Иншаков**, заслуженный деятель науки РФ, доктор экономических наук, профессор (Волгоградский государственный университет)

**В.И. Капалин**, доктор технических наук, профессор (Московский государственный институт электроники и математики (технический университет))

**Н.И. Корсунов**, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

**О.П. Литовка**, доктор географических наук, профессор (Институт проблем региональной экономики РАН, г. Санкт-Петербург)

**С.И. Маторин**, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

**О.П. Овчинникова**, доктор экономических наук, профессор (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

**Э. Полтон**, доктор экономических наук, профессор (Университет Святого Георгия, Лондон)

**Понятовска – Яки М.**, доктор экономики, профессор (Варшавская высшая школа экономики, Польша)

**И.Е. Рисин**, заслуженный деятель науки РФ, доктор экономических наук, профессор (Воронежский государственный университет)

**В.Г. Рубанов**, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова)

Редактор **А.Н. Оберемок**

Оригинал-макет **А.Е. Винник, Е.В. Болгова**

Подписано в печать 21.06.2016  
Формат 60×84/8 Гарнитура  
Georgia, Itrast Усл. п. л. 24,9  
Заказ 157  
Цена свободная  
Тираж 1000 экз.  
Дата выхода 30.06.2016

Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 18078

Оригинал-макет подготовлен и тиражирован в Издательском доме «Белгород»  
Адрес издателя и издательства:  
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

**А.В. Смирнов**

Методологические вопросы демографического прогнозирования: характеристики населения и уровни прогноза ..... 95

## УЧЕТНАЯ ПОЛИТИКА И СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

**А.С. Киризева**

Обоснование влияния финансовых инструментов на прибыль при управлении активами и пассивами банка ..... 103

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**Г.С. Петриченко, В.Г. Петриченко**

Оценка эффективности программного обеспечения ..... 108

**Е.Г. Жилияков, А.А. Черноморец, Е.В. Болгова**

О разработке алгоритма оптимальной субполосной двумерной интерполяции ..... 113

**П.В. Васильев, В.М. Михелев, Д.В. Петров**

Параллельные алгоритмы оптимизации границ карьеров по методу псевдопотока на модели данных со структурой октодера ..... 123

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

**Д.В. Куделина**

Прогнозирование развития региональной энергетической системы ..... 129

**С.Е. Савотченко**

Показатели оценки качества пертинентности результатов автоматизированного поиска в информационных системах ..... 137

**А.Г. Жихарев, С.И. Маторин, Я.Н. Рябцева, А.С. Махота, А.В. Капустин**

Об имитационном моделировании функционирующих систем ..... 139

**О.М. Пигнастый**

Стохастическая модель переноса технологических ресурсов на предмет труда в результате воздействия технологического оборудования ..... 146

**А.А. Кондратенко, С.И. Маторин**

Логический вывод на визуальных графоаналитических уфо-моделях путем интеграции со средствами онтологического инжиниринга ..... 156

**С.В. Андрущак, П.В. Беседин**

Получение модели объекта управления при движении сырьевого шлама под вибрационным воздействием ..... 165

## ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Е.Г. Жилияков, П.Г. Лихолоб, А.А. Медведева, Е.И. Прохоренко**

Исследование чувствительности некоторых мер оценки качества скрытия информации в речевых сигналах ..... 174

**С.Л. Бабаринов, Д.В. Щепилова**

Современные направления в области панорамной съемки ..... 180

**А.А. Черноморец, Е.В. Болгова**

Об исследовании субполосных свойств изображений земной поверхности ..... 188

**Сведения об авторах** ..... 197

№ 9 (230), Issue 38  
June 2016

SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

Founded in 1995

The Journal is included into the list of the leading peer-reviewed journals and publications coming out in the Russian Federation that are recommended for publishing key results of the theses for Doktor and Kandidat degree-seekers.

**Founder:**

Federal state autonomous educational establishment of higher education «Belgorod State National Research University»

**Publisher:**

Belgorod State National Research University  
Belgorod Publishing House  
Address of editorial office, publisher, letter-press plant: 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

The journal has been registered at the Federal service for supervision of communications information technology and mass media (Roskomnadzor)

Mass media registration certificate  
ПИИ № ФС 77-63052 September 10, 2015  
Publication frequency: 4/year

**EDITORIAL BOARD OF JOURNAL**

Editor-in-chief

**O.N. Poluchin,**

Rector of Belgorod State National Research University, Doctor of political sciences, Professor

Deputy editor-in-chief

**I.S. Konstantinov,**

Vice-Rector on Scientific and Innovative Work of Belgorod State National Research University, Doctor of technical sciences, Professor

Scientific Editor

**V.M. Moskovkin,**

Professor of World Economy Department of Belgorod State National Research University, Doctor of Geographical Sciences

**O.V. Shevchenko,**

Deputy Head of Scientific and Innovative Activity Department of Belgorod State National Research University, Candidate of Historical Sciences

**EDITORIAL BOARD OF JOURNAL SERIES**

Deputies of chief editor:

**E.G. Zhilyakov,**

Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State National Research University)

**O.A. Lomovtseva,**

Doctor of economical sciences, Professor (Belgorod State National Research University)

Editorial assistant:

**A.A. Chernomorets,**

Candidate of technical sciences, Associate professor (Belgorod National Research University)

# Belgorod State University Scientific Bulletin

## Economics Information technologies

### НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ Белгородского государственного университета Экономика Информатика

#### CONTENTS

##### REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

- V.L. Anichin, A.Yu. Zhelyabovskiy**  
Measurement of regional differentiation of population's cash incomes ... 5
- A.N. Tsapkov**  
Main areas of regional policy for the land plots of individual housing construction as the basis for the welfare of the population ..... 10
- L.S. Shahovskaya, O.E. Akimova, T.I. Bazarbaeva**  
The stimulating of entrepreneurial activity at the regional level (as example the Volgograd region) ..... 21
- E.V. Nikulina**  
The tools of influence on the structural dynamics of socio-economic system of the region ..... 27

##### SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

- O.A. Lomovtseva, O.A. Gerasimenko**  
Regulatory and organizational and economic factors of development of public-private and public-private partnership in Russia ..... 37
- E.V. Fomenko, V.V. Antoshkina, L.L. Oganessian**  
The development of the Priazovskaya recreational zone of Krasnodar region ..... 46

##### MARKET OF LABOUR AND EDUCATION

- S.N. Pryadko**  
Study of core competence in management of the regional science and educational institutions ..... 52

##### INVESTMENT AND INNOVATIONS

- E.N. Parfenova**  
Development financial institutions to improve the efficiency of innovative activity in the regions ..... 66

##### THEORETICAL MODELS AND SUCCESSFUL MANAGEMENT PRACTICES

- I.A. Morozova, J.A. Kurbatova, A.J. Pogorelova**  
Social image as a part of corporate image in the development of social responsibility's concept ..... 73
- M.V. Selyukov**  
On the role of brand-technologies in the process of modernization of economy of russian regions ..... 83
- B.A. Tkhorikov**  
State of social systems: issues statement of purpose ..... 90

##### MODELING OF ECONOMIC PROCESSES

- A.V. Smirnov**  
Methodological issues of population projections: population characteristics and forecasting levels ..... 95

Members of editorial board:

**V.P. Volechkov**, Doctor of technical sciences, Professor (Moscow Technical University of Communications and Informatics)

**V.D. Dmitrienko**, Doctor of technical sciences, Professor (Kharkov National Technical University)

**O.V. Inshakov**, Honoured Science Worker of Russian Federation, Doctor of economical sciences, Professor (Volgograd State University)

**V.I. Kapalin**, Doctor of technical sciences, Professor (Moscow State Institute of Electronics and Mathematics (Technical university))

**N.I. Korsunov**, Honoured Science Worker of Russian Federation, Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State National Research University)

**O.P. Litovka**, Doctor of geographical sciences, Professor (Institute of regional economy problems of Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg)

**S.I. Matorin**, Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State National Research University)

**O.P. Ovchinnikova**, Doctor of economical sciences, Professor (Orel Regional Academy of State Service)

**A. Polton**, Doctor of economical sciences, Professor (St George`s University of London)

**Malgorzata Poniatowska-Jaksch**, Doctor of economy, Professor (Warsaw School of Economics, Poland)

**I.E. Risin**, Honoured Science Worker of Russian Federation, Doctor of economical sciences, Professor (Voronezh State University)

**V.G. Rubanov**, Honoured Science Worker of Russian federation, Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State Technological University named after V.G. Shuhov)

Editor *A. Oberemok*

Dummy layout by *A.E. Vinnik, E.V. Bolgova*

Passed for printing 21.06.2016

Format 60×84/8

Typeface Georgia, Impact

Printer`s sheets 24,9

Order 157

Circulation 1000 copies

Date of publishing:

30.06.2016

Subscription reference in The Russian

Press common catalogue – 18078

Dummy layout is replicated at Publishing House «Belgorod», Belgorod State National Research University  
Address: 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

## THE ACCOUNTING POLICIES AND STATISTICAL MEASUREMENT

**A.S. Kirizlyeyeva**

Justification of the choice and of financial instruments to profit from the management of assets and liabilities of the bank ..... 103

## COMPUTER SIMULATION HISTORY

**G.S. Petrichenko, V.G. Petrichenko**

Performance evaluation software ..... 108

**E.G. Zhilyakov, A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova**

On development of optimal subband two-dimensional interpolation algorithm ..... 113

**P.V. Vassiliev, V.M. Mikhelev, D.V. Petrov**

Parallel optimization algorithms of open pit limits using pseudo flow method on block model with octree structure ..... 123

## SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

**D.V. Kudelina**

Forecasting of regional energy system development ..... 129

**S.E. Savotchenko**

Indicators of quality assessment results pertinence automated search in information systems ..... 135

**A.G. Zhikharev, S.I. Matorin, Y.N. Ryabtseva, A.S. Makhota, A.V. Kapustin**

On simulation modeling of systems ..... 139

**O.M. Pihnastyi**

Stochastic model of transport technological resources on the subject of labor for technological processing ..... 146

**A.A. Kondratenko, S.I. Matorin**

The inference on the visual ufo models by integrating with the ontological engineering tools ..... 156

**S.V. Andruschak, P.V. Besedin**

Obtaining property management models in traffic under raw slurry vibration exposure ..... 165

## INFORMATION TECHNOLOGIES AND TELECOMMUNICATION

**E.G. Zhilyakov, P.G. Likhlob, A.A. Medvedeva, E.I. Prokhorenko**

Research of sensitivity of some measures quality assessment hidden information in the speech signal ..... 174

**S.L. Babarinov, D.V. Shchepilova**

Research of modern trends in the field of panoramic shooting ..... 180

**A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova**

About research of earth surface images subband properties ..... 188

**Information about Authors** ..... 197

# РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 332.112

## ИЗМЕРЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ДЕНЕЖНЫХ ДОХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ

## MEASUREMENT OF REGIONAL DIFFERENTIATION OF POPULATION'S CASH INCOMES

**В.Л. Аничин, А.Ю. Желябовский**  
**V.L. Anichin, A.Yu. Zhelyabovskiy**

*Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина,  
Россия, 308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский, ул. Вавилова, 1*

*Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin,  
ul.Vavilova 1, Mayskiy, Belgorod region, 308503, Russia*

*E-mail: vladislavanichin@rambler.ru, alex.zhelyabovskiy@gmail.com*

*Аннотация.* Обсуждаются экономические проблемы, обусловленные дифференциацией регионального развития. Обосновывается актуальность измерения дифференциации денежных доходов населения. Рассмотрена возможность измерения дифференциации денежных доходов населения между регионами с помощью непараметрического критерия Вилкоксона. Представлены авторская методика и результаты анализа различий регионов ЦФО по уровню денежных доходов населения.

*Resume.* This paper reviews economic problems arising from the differentiation of regional development. It finds the actuality of differentiation population's monetary incomes assessment. It describes the possibility of measurement of differentiation of regional development using a nonparametric Wilcoxon test. The authors present the methodology and results of the analysis of differences in the regions of the Central Federal district by the level of population income.

*Ключевые слова:* дифференциация регионального развития, поляризация, денежные доходы населения, измерение дифференциации, критерий Вилкоксона.

*Keywords:* regional development, differentiation, polarization, population incomes, the measurement of differentiation, the Wilcoxon test.

### Введение

В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года региональная дифференциация наряду с другими обозначена как важнейшая социальная и институциональная проблема. В этом документе предусматривается сокращение дифференциации качества жизни на территории России с помощью мер социальной и региональной политики до уровня, обусловленного объективными различиями регионов [1].

При этом в ряде случаев дифференциация принимает свою крайнюю форму в виде поляризации регионов. Многие авторы указывают на поляризацию регионального развития как на негативный фактор, ограничивающий достижение программных целей социально-экономического развития страны [2–4]. М.А. Вахтина отмечает, что в среднем по всем странам мира самый богатый регион оказывается в 5,2 раза состоятельного бедного, в России разрыв доходит до 25 раз (это выше, чем в Индии и Индонезии) [4].

Экономическая поляризация – это, как правило, высокий уровень отклонения текущего экономического показателя от его среднего значения, причем величина этого отклонения нежелательна для рассматриваемого процесса или явления. Для региональной экономики термин «поляризация регионов» означает высокую степень различия в уровнях экономического состояния регионов или повышенную степень неоднородности показателей, которая должна быть устранена, поскольку мешает развитию производительных сил и вызывает социальное напряжение в обществе [5].

Актуальным является совершенствование методов измерения дифференциации, в особенности уровня денежных доходов населения. Дифференциация денежных доходов населения – это проблема, которая, с одной стороны, постоянно беспокоит общество, а с другой – представляет собой важнейший индикатор качества проводимой экономической политики государства.

### Результаты исследования

Предлагаем для оценки дифференциации денежных доходов населения использовать информацию об уровне денежных доходов по 20-процентным группам населения, применяя непараметрический критерий Вилкоксона.

Критерий Вилкоксона построен на сопоставлении суммы рангов отрицательных и положительных разностей. Каждой разности в зависимости от ее абсолютного значения, исключая ноль, приписывается соответствующий ранг. Чем больше абсолютное значение, тем больше ранг. Наименьшая абсолютная разность имеет ранг, равный единице. Наибольшая – ранг, равный числу всех разностей. Если абсолютные значения нескольких разностей совпадают, то каждой из них приписывается средний из возможных рангов. Затем отдельно подсчитываются суммы рангов отрицательных и положительных разностей. Наименьшая из сумм служит наблюдаемым значением критерия. Ее сравнивают с критическим значением критерия и формулируют выводы по нулевой гипотезе [6].

Для оценки различий между субъектами РФ ЦФО по уровню доходов населения применена следующая методика:

1) в разрезе 20-процентных групп, выделенных Росстатом [7, 8], рассчитан уровень среднемесячных доходов (табл. 1);

Таблица 1  
Table 1

#### Среднемесячные денежные доходы населения в ЦФО, руб./чел. Monthly average monetary incomes of the population in the Central Federal district

Субъекты РФ	20-процентные группы населения				
	первая (с наименьшими доходами)	вторая	тре- тья	четвертая	пятая (с наибольшими доходами)
	2005 г.				
Белгородская область	1732	3018	4277	6035	11178
Брянская область	1597	2765	3886	5483	10108
Владимирская область	1591	2603	3533	4772	8161
Воронежская область	1583	2892	4229	6221	12360
Ивановская область	1370	2202	2982	4006	6780
Калужская область	1902	3215	4474	6188	11011
Костромская область	1704	2873	4017	5624	10128
Курская область	1793	3066	4288	6003	10836
Липецкая область	1828	3207	4529	6470	12096
Московская область	2351	4087	5823	8318	15587
Орловская область	1510	2661	3836	5490	10477
Рязанская область	1707	2869	3960	5477	9697
Смоленская область	1916	3277	4555	6416	11610
Тамбовская область	1620	2880	4114	5888	11210
Тверская область	2076	3422	4712	6480	11360
Тульская область	1926	3152	4278	5778	9881
Ярославская область	1951	3469	4955	7123	13472
г. Москва	3602	6955	12668	25585	75389
	2014 г.				
Белгородская область	7104	13193	19410	28797	58356
Брянская область	6391	11681	17080	25124	49918
Владимирская область	6479	11519	16455	23654	44738
Воронежская область	6759	12753	19256	28821	59937
Ивановская область	6531	11429	16327	23470	44288
Калужская область	7370	13242	19488	28482	56339
Костромская область	6376	11012	15649	22218	41345
Курская область	6609	12174	17971	26434	52753
Липецкая область	7074	13137	19453	28674	57979
Московская область	9436	17823	26560	39666	81254
Орловская область	6194	10990	15785	22878	44058



Окончание табл. 1

Рязанская область	6486	11764	17151	25066	49473
Смоленская область	6754	11983	17213	24947	48043
Тамбовская область	6377	11748	17342	25510	50908
Тверская область	7108	12052	16894	23795	43161
Тульская область	7027	12557	18202	26381	51034
Ярославская область	6805	12535	18504	27219	54318
г. Москва	12263	24527	38425	60227	137078

2) выполнено попарное сравнение регионов по уровню доходов с помощью критерия Вилкоксона (табл. 2).

Таблица 2  
Table 2

**Результаты попарных сравнений регионов по уровню денежных доходов населения**  
**The results of pairwise comparisons of regions by the level of population's monetary income**

Области ЦФО	Белгородская	Брянская	Владимирская	Воронежская	Ивановская	Калужская	Костромская	Курская	Липецкая	Московская	Орловская	Рязанская	Смоленская	Тамбовская	Тверская	Тульская	Ярославская	г. Москва
	2005 г.																	
Белгородская	*	+	+	=	+	=	+	=	-	-	+	+	-	=	-	=	-	-
Брянская	-	*	+	=	+	-	-	-	-	-	=	=	-	-	-	=	-	-
Владимирская	-	-	*	=	+	-	-	-	-	-	=	-	-	-	-	-	-	-
Воронежская	=	=	=	*	+	=	=	=	-	+	=	=	=	=	=	=	-	-
Ивановская	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Калужская	=	+	+	=	+	*	+	+	=	-	+	+	-	=	-	=	-	-
Костромская	-	+	+	=	+	-	*	-	-	-	=	=	-	=	-	=	-	-
Курская	=	+	+	=	+	-	+	*	-	-	+	+	-	=	-	=	-	-
Липецкая	+	+	+	=	+	=	+	+	*	-	+	+	=	+	=	=	-	-
Московская	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*	+	+	+	+	+	+	+	+
Орловская	-	=	=	-	+	-	=	-	-	-	*	=	-	-	-	=	-	-
Рязанская	-	=	+	=	+	-	=	-	-	-	=	*	-	=	-	-	-	-
Смоленская	+	+	+	=	+	+	+	+	=	-	+	+	*	+	=	=	-	-
Тамбовская	=	+	+	=	+	=	=	=	-	-	+	=	-	*	-	=	-	-
Тверская	+	+	+	=	+	+	+	+	=	-	+	+	=	+	*	+	=	-
Тульская	=	=	+	=	+	=	=	=	=	-	=	+	=	=	-	*	-	-
Ярославская	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	=	+	*	-
г. Москва	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*
2014 г.																		
Белгородская	*	+	+	=	+	=	+	+	=	-	+	+	+	+	=	+	+	-
Брянская	-	*	=	-	=	-	+	-	-	-	+	=	=	=	=	-	-	-
Владимирская	-	=	*	-	=	-	+	-	-	-	+	-	-	=	=	-	-	-
Воронежская	=	+	+	*	+	=	+	+	=	-	+	+	+	+	=	=	=	-
Ивановская	-	=	=	-	*	-	+	-	-	-	+	=	-	=	=	-	-	-
Калужская	=	+	+	=	+	*	+	+	=	-	+	+	+	+	+	+	+	-
Костромская	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	=	-	-	-	-	-	-	-
Курская	-	+	+	-	+	-	+	*	-	-	+	+	=	+	=	=	-	-
Липецкая	=	+	+	=	+	=	+	+	*	-	+	+	+	+	=	+	+	-
Московская	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*	+	+	+	+	+	+	+	-
Орловская	-	-	-	-	-	-	=	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-
Рязанская	-	=	+	-	=	-	+	-	-	-	+	*	=	=	=	-	-	-
Смоленская	-	=	+	-	+	-	+	=	-	-	+	=	*	=	=	-	-	-
Тамбовская	-	=	=	-	=	-	+	-	-	-	+	=	=	*	=	-	-	-
Тверская	=	=	=	=	=	-	+	=	=	-	+	=	=	=	*	=	=	-

Окончание табл. 2

Тульская	-	+	+	=	+	-	+	=	-	-	+	+	+	+	=	*	=	-
Ярославская	-	+	+	=	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	=	=	*	-
г. Москва	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*
Условные обозначения (по строке таблицы к столбцу):			+	– существенно высокий уровень														
			-	– существенно низкий уровень														
			=	– существенные отличия отсутствуют														

Принято во внимание, что критическое значение критерия Вилкоксона для уровня значимости 0.05 для 5 наблюдений (пять 20-процентных групп) равно нулю. То есть чтобы признать расхождение в уровне доходов населения между двумя регионами существенным, разности между групповыми уровнями должны иметь один и тот же знак. Так, существенно более высокий уровень среднедушевых доходов населения в 2005 г. в Белгородской области по сравнению с Брянской областью определен на основании того, что по каждой из пяти 20-процентных групп населения в Белгородской области уровень доходов был выше, чем в Брянской области.

Установлено, что число случаев отсутствия существенных различий между регионами в 2014 г. по сравнению с 2005 г. уменьшилось с 78 до 72, что свидетельствует о происходящем процессе дифференциации регионов по уровню денежных доходов населения (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

**Рейтинговая оценка регионов по уровню денежных доходов населения**  
**Rating of regions by level of population's monetary income**

Области ЦФО	2005 г.			Рейтинговый коэффициент региона	2014 г.			Рейтинговый коэффициент региона
	Число результатов парных сравнений				Число результатов парных сравнений			
	+	-	=		+	-	=	
Белгородская	6	6	5	9,5	11	2	4	5
Брянская	2	11	4	14	2	9	6	13
Владимирская	1	14	2	16	2	11	4	14
Воронежская	2	3	12	10	9	2	6	6
Ивановская	0	17	0	18	2	10	5	13,5
Калужская	7	5	5	8,5	12	2	3	4,5
Костромская	3	9	5	12,5	0	16	1	17,5
Курская	6	7	4	10	7	7	3	9,5
Липецкая	9	3	5	6,5	11	2	4	5
Московская	16	1	0	2	16	1	0	2
Орловская	1	11	5	14,5	0	16	1	17,5
Рязанская	2	10	5	13,5	3	9	5	12,5
Смоленская	10	3	4	6	4	8	5	11,5
Тамбовская	4	6	7	10,5	2	9	6	13
Тверская	11	2	4	5	2	3	12	10
Тульская	3	4	10	10	8	5	4	8
Ярославская	14	2	1	3,5	9	5	3	7,5
г. Москва	17	0	0	1	17	0	0	1
Итого			78				72	

При этом за анализируемый период ряд регионов заметно улучшил свое положение в ЦФО (Белгородская область, Калужская область, Воронежская область и др.), что определено по динамике рейтингового коэффициента.

Рейтинговый коэффициент региона по уровню денежных доходов населения рассчитывался по следующей формуле:

$$R = 1 + N_{(-)} + \frac{1}{2}N_{(=)}, \quad (1)$$

где  $N_{(-)}$  – число случаев существенно низкого уровня доходов;

$N_{(=)}$  – число случаев отсутствия существенных различий в доходах.

Представляет интерес корреляционный анализ связи между произошедшими изменениями в уровне рейтингового коэффициента региона и динамикой регионального коэффициента фондов.

Коэффициент фондов (коэффициент дифференциации доходов) характеризует степень социального расслоения и определяется как соотношение между средними уровнями денежных доходов 10% населения с самыми высокими доходами и 10% населения с самыми низкими доходами [8].

Установлено, что за анализируемый период между увеличением коэффициента фондов и абсолютным приростом рейтингового коэффициента имеет место прямая зависимость ( $r = 0,821$ ), то есть по мере увеличения дифференциации денежных доходов внутри региона рейтинговый коэффициент увеличивается, что означает отставание региона по уровню денежных доходов.

### Заключение

Выполненное исследование позволило установить следующее:

1. Измерение межрегиональной дифференциации денежных доходов населения следует проводить с учетом внутрирегиональной дифференциации.
2. Релевантным статистическим критерием для оценки межрегиональной дифференциации денежных доходов населения является критерий Вилкоксона.
3. Использование информации об уровне денежных доходов по 20-процентным группам населения позволяет с помощью критерия Вилкоксона объективно измерить явление дифференциации денежных доходов населения.
4. Дифференциация регионов ЦФО по уровню денежных доходов населения за 2005–2014 гг. увеличилась. Этому в немалой степени способствовала внутрирегиональная дифференциация денежных доходов в большинстве областей ЦФО.

### Список литературы References

1. О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года: распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 N 1662-р (ред. от 08.08.2009) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=90601;fld=134;dst=100000001,0;rnd=0.004487690513209408>.  
On the Concept of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2020: decree of the RF Government from 17.11.2008 N 1662-p [Electronic resource].- URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=90601;fld=134;dst=100000001,0;rnd=0.004487690513209408>.
2. Головачева О.А. 2014. К вопросу о пространственной поляризации региональных экономик в России. Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. № 2 (38). - С. 47–53.  
Golovacheva O.A. 2014. To the question about the spatial polarization of regional economies in Russia. Modern high technologies. The regional application. No. 2 (38). - P. 47–53.
3. Петрухина Н.А. 2010. Региональная политика как инструмент преодоления поляризации национального экономического пространства. Социально-экономические явления и процессы. № 3 (19). - С. 207–209.  
Petrukhina N.A. 2010. Regional policy as the tool of overcoming the polarization of the national economic space. Socio-economic phenomena and processes. No. 3 (19). - P. 207–209.
4. Вахтина М.А. 2015. Социально-экономические основания российского неравенства. Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. № 3 (22). - С. 11–13.  
Vakhtina M. A. 2015. Socio-economic Foundation of Russian inequality. Vector of science of Togliatti state University. Series: Economy and management. No. 3 (22). - P.11–13.
5. Касаев Б.С., Ртищев А.В. 2013. Трехсекторная модель экономики и проблемы снижения пространственной поляризации регионов России. Инновации и инвестиции. № 5. - С. 113–116.  
Kasaev B.S., Rtischev A.V. 2013. Three-sector model of the economy and the problem of reducing the spatial polarization of regions of Russia. Innovations and investments. No. 5. - P. 113–116.
6. Аничин В.Л. 1994. Математическая статистика: учеб. пособие. Харьк. гос. аграр. ун-т. им. В.В. Докучаева. Харьков, 108.  
Anichin V.L. 1994. Mathematical statistics: textbook. Kharkov State Agrarian University named V.V. Dokuchaev. Kharkov, 108.
7. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2006: Стат. сб. Росстат. 2007. М., 981.  
The Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2006: Statistical handbook. Rosstat. 2007. M., 981.
8. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015: Стат. сб. Росстат. 2015. М., 1266.  
The Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2006: Statistical handbook. Rosstat. 2015. M., 1266.



УДК 332.363

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЗЕМЕЛЬНЫМИ УЧАСТКАМИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

### MAIN AREAS OF REGIONAL POLICY FOR THE LAND PLOTS OF INDIVIDUAL HOUSING CONSTRUCTION AS THE BASIS FOR THE WELFARE OF THE POPULATION

**А.Н. Цапков**  
**A.N. Tsapkov**

*Департамент имущественных и земельных отношений Белгородской области,  
Россия, 308005, г.Белгород, пл. Соборная, 4*

*The Department of property and land relations in Belgorod region,  
Cathedral square 4, Belgorod, 308005, Russia*

*E-mail: tzapkov@mail.ru*

*Аннотация.* Предоставление земельных участков для индивидуального жилищного строительства – один из инструментов социальной поддержки населения государством. Действующим законодательством установлена крайне громоздкая и долговременная процедура оформления земель государственной собственности под малоэтажное жилищное строительство. Реализации программ поддержки индивидуального жилищного строительства исключительно на федеральном уровне недостаточно для повышения качества жизни населения. Поэтому важно разработать эффективную стратегию региональной политики, обеспечивающую удовлетворение потребностей граждан в земельных ресурсах для строительства объектов индивидуального жилого фонда. В данной статье изучен положительный опыт Белгородской области по развитию сектора индивидуального жилищного строительства. Дана оценка роли специализированной организации, определенной Правительством области на выполнение функций уполномоченного оператора на рынке земельных участков под индивидуальное жилищное строительство, и других основных инструментов в становлении развития сферы малоэтажного жилищного строительства в регионе. Результатом работы стало обобщение основных направлений поддержки органами исполнительной власти Белгородской области развития сферы предоставления гражданам земельных участков для застройки индивидуальными жилыми домами.

*Resume.* Allocation of land plots for individual housing construction - one of the tools of social support for the population of the state [1, s.12-17]. The current legislation is set extremely cumbersome and long procedure of registration of land for low-rise housing construction. Implementations solely on federal programs of support of individual housing construction is not enough to improve the quality of life of the population. In order to address this complex problem it is important to develop an effective strategy for regional policy, to provide for the needs of citizens for land for construction of individual housing. This article studied the positive experience of the Belgorod region to create the foundations for the development of private housing construction sector. The estimation of the role of "Belgorod Mortgage Corporation" and other major instruments in the sphere of formation of low-rise housing construction in the region. The result is a generalization of the main areas of support by the executive branch of the Belgorod region of the sphere of citizens of land for building private houses.

*Ключевые слова:* индивидуальное жилищное строительство, региональная политика, АО «Белгородская ипотечная корпорация», родовые поместья, территориальное планирование, охрана земель.

*Keywords:* individual housing construction, regional policy, JSC "Belgorod Mortgage Corporation", ancestral homes, improving the quality of life of the population, spatial planning, land protection.

### Введение

Начиная с 2005 года Белгородская область переживает невиданный бум строительства индивидуальных жилых домов, что во многом стало возможным благодаря мерам государственной поддержки региональными властями строительной отрасли, в том числе эффективному и рациональному регулированию сферы обеспечения населения земельными участками для индивидуального жилищного строительства (далее – ИЖС). По мнению Губернатора Белгородской области Е.С. Савченко классическая ипотека, успешно действующая в США и некоторых других развитых странах, для России не под-

ходит, так как она эффективна в государствах с устойчивой экономикой, где инфляция не превышает 2%, а стоимость потребительских кредитов не превышает 3–4% годовых [1, с. 9–10].

В связи с этим в Белгородской области создана и реализуется эффективная модель государственного содействия обеспечения жителей региона земельными участками для улучшения своих жилищных условий, доминирующим приоритетом которой является поддержка развития сферы ИЖС в пригородных зонах.

В современных условиях обеспечение устойчивой работы системы жилищного кредитования на льготных условиях становится наиболее актуальным из-за повышения банковскими структурами процентных ставок по займам для граждан в связи с мировой конъюнктурой движения валютного курса и внешними факторами развития экономики Российской Федерации.

Стабильность и эффективность жилищной политики в Белгородской области проявляется в устойчивом состоянии рынка недвижимости, в том числе доступности земельных участков под ИЖС, в период возникновения и действия факторов экономического спада. Так, в 2014 году Белгородская область сохранила одно из первых мест в России по вводу жилья на душу населения.

Согласно опросам для многих россиян приобретение собственного дома является одной и самых притягательных жизненных целей [2, с.1]. Строительство индивидуального жилого дома обладает рядом безусловных преимуществ, начиная с того, что частный дом кроится и подгоняется под себя, является способом выражения индивидуальности своего обладателя, а также способствует сближению с природой и окружающим миром.

Рост развития рынка субсидируемого жилья стремятся обеспечить многие динамично развивающиеся страны мировой экономики. Например, одной из отличительных особенностей структуры рынка недвижимости Китая является проводимая политика центральных и местных властей на локальных рынках недвижимости по созданию условий для доступного жилья населению с низкими доходами [3, с.16]. На сегодняшний день основной компонентом внутреннего спроса Китая является покупка населением доступного жилья в соответствии с патронируемой государством с 2007 года программой жилищного кредитования, основной характеристикой которой является предоставление населению на льготных условиях жилья с запретом перепродажи в течение первых пяти лет [4].

Современная государственная жилищная политика наряду с обеспечением нужд в создании жилищных условий для социально незащищенных слоев населения (многодетных семей, работников бюджетной сферы и др.) должна учитывать и потребности основной части трудоспособного населения. Одним из критериев в оценке эффективной политики по выработке оптимальной конфигурации региональной системы расселения и территориальному перераспределению жителей является устойчиво работающий механизм расселения населения в домах загородного типа, расположенных не только в пригородных зонах, но и на территории сельских малонаселенных пунктов [5].

Перечисленные задачи государства по налаживанию действенной системы повышения качества жизни населения в части решения жилищных проблем через предоставление земельных участков для ИЖС в полной мере реализованы в Белгородской области. Основным принципом жилищной стратегии на Белгородчине является опережающий рост строительства индивидуального жилья [6, с. 56].

Необходимым фундаментом в становлении эффективной модели обеспечения жильем различных групп населения в Белгородской области, а также стимулированию формирования рынка земельных отношений способствовало создание АО «Белгородская ипотечная корпорация» (далее – АО «БИК»), с помощью которой успешно реализуется упрощенный механизм предоставления на особых льготных условиях земельных участков под ИЖС [7].

Следует отметить, что наличие инженерной, транспортной и социальной инфраструктуры повышает привлекательность объектов строительства и может повлиять на ход реализации всех строительных проектов [8, с. 231]. Поэтому существенными факторами развития рынка индивидуальных жилых домов в регионе стали взятые на себя Белгородскими властями обязательства по подведению в рамках областных программ за счет средств консолидированного бюджета области необходимых инженерных сетей и подъездных дорог к территории массивов ИЖС.

Создание в регионе Фонда поддержки ИЖС стало началом реализации областной программы «Свой дом», исполнение которой уже к 2007 году позволило увеличить объемы строительства индивидуальных жилых домов в 9 раз по сравнению с 1993 годом и преодолеть барьер в 1 млн. кв. м вводимого в эксплуатацию жилья. Впоследствии на федеральном уровне данная программа получила термин «малоэтажная Россия».

*Целью данного исследования* является изучение основных направлений и принципов формирования региональной политики в сфере индивидуального жилищного строительства, определение источников формирования земельных ресурсов, перспективных для индивидуального жилищного строительства, используя опыт Белгородской области.

## Объекты и методы исследования

*Объектом исследования* статьи стали региональные механизмы государственной социальной поддержки населения по предоставлению земельных участков в целях индивидуального жилищного строительства.

*Основные методы и подходы.* Основным методологическим подходом был социально-экономический, в соответствии с которым мы считали, что повышение качества жизни населения и эффективная организация системы предоставления государством земельных участков для индивидуального жилищного строительства взаимно влияют друг на друга.

Органами исполнительной власти Белгородской области в течение 2002 года созданы, как было определено региональной программой повышения качества жизни населения, необходимые условия для организации на территории региона долгосрочного ипотечного жилищного кредитования. Разработанный финансово-экономический механизм позволил не только сосредоточить внимание на обеспечении земельными участками для индивидуального жилищного строительства той части населения, которая не в состоянии самостоятельно решить жилищные проблемы, но и основной части трудоспособного населения области.

Белгородская область стала инициатором ряда организационно-юридических новаций в сфере регулирования развития индивидуального жилищного строительства. Действующим законодательством, устанавливающим особенности предоставления земельных участков, находящихся в собственности публично-правовых образований, определена крайне громоздкая и долговременная процедура вовлечения земель государственной и муниципальной собственности под малоэтажное жилищное строительство. В связи с этим в 2002 году органами исполнительной власти области было принято решение создать специализированного оператора на рынке земельных участков для ИЖС – АО «БИК», полный пакет акций которой находится в государственной собственности. Согласно статье 3 закона Белгородской области от 3 мая 2006 года № 35 «О государственных унитарных предприятиях и акциях акционерных обществ, не подлежащих приватизации» акции акционерного общества «Белгородская ипотечная корпорация» не подлежат отчуждению (приватизации), как предприятия особой социально-экономической значимости [9]. В соответствии со статьей 5 закона Белгородской области от 13 сентября 2002 года № 45 «О развитии системы ипотечного жилищного кредитования в Белгородской области» АО «БИК» в том числе занимается рефинансированием ипотечных жилищных кредитов на основании договоров с кредитными и иными специализированными организациями, а также по соглашениям с заемщиками заключает в обеспечение исполнения ими своих обязательств по договорам о предоставлении ипотечных жилищных кредитов договоры поручительства с кредитными и иными специализированными организациями [10].

## Результаты и обсуждение

В целях обеспечения целевых региональных программ стимулирования жилищного строительства на территории Белгородской области, в том числе индивидуального жилищного строительства, развития пригородных жилых микрорайонов органами исполнительной власти области совместно с органами местного самоуправления проводятся мероприятия по передаче наиболее перспективных для застройки земельных массивов АО «БИК». Данная работа, как правило, включает в себя этапы формирования земельных участков, включения в черту населенных пунктов и передачи в собственность АО «БИК».

Учитывая особенности распределения по правообладателям земельного фонда Белгородской области, выраженные в принадлежности более 1/3 общего количества земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения на территории региона к государственной или муниципальной собственности, для вовлечения в сферу малоэтажного строительства на первом этапе рассматривались земельные участки, находящиеся в государственной собственности Белгородской области и государственная собственность на которые не разграничена. Перед органами исполнительной власти области встал вопрос одновременного резервирования земельных участков, перспективных для градостроительной деятельности в долгосрочной перспективе, и задействования областных земель в агропромышленном секторе. Для выполнения данной задачи было решено внести изменения в уставные документы АО «БИК» с целью обеспечения возможности ведения корпорацией на праве аренды сельскохозяйственного производства на земельных участках государственной собственности. Разумно предположить, что фактически АО «БИК» сельским хозяйством не занимается, однако данный механизм обеспечивает законные основания для передачи в субаренду предоставленных в аренду указанного юридического лица сельскохозяйственных угодий, что позволяет снизить бремя содержания земельных участков до их востребования под ИЖС. При этом в соответствии со статьей 39.3 Земельного кодекса Российской Федерации и статьей 10 Федерального закона от 24 июля 2002 г. № 101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» по истечению трех лет у арендатора наступает преимущественное право выкупа без торгов предоставленного земельного участка [11, 12].

Наполнение земельного фонда АО «БИК» также производилось путем предоставления в установленном порядке земельных участков для их комплексного освоения. Данный механизм способствует укреплению государственно-частного партнерства в сфере развития территорий, служит хорошей основой для создания условий стабильного и гарантирования землепользования тем инвесторам, которые готовы реализовывать проекты в сфере жилищного строительства.

Кроме этого, увеличение земельного фонда АО «БИК» производилось за счет земельных участков, предоставляемых корпорации на компенсационной основе взамен земельных участков, изъятых в установленном порядке для государственных нужд, связанных в первую очередь с развитием дорожной инфраструктуры межмуниципального и регионального значений.

Для передачи земель АО «БИК» в том числе применяется механизм совершения организационно-юридических действий по внесению областных земельных участков в уставный капитал общества.

С 2011 по 2014 гг. первостепенным источником оформления права собственности (аренды) АО «БИК» на земельные участки из состава государственных и муниципальных земель являлось проведение торгов по продаже земельных участков либо права аренды на земельные участки (40% общей площади земельных массивов, предоставленных корпорации) (табл. 1). При этом такие механизмы оформления земельных участков в собственность АО «БИК», как предоставление земельных участков, взамен изымаемых для государственных нужд в связи со строительством объектов регионального значения, внесение земельных участков в уставный капитал общества, а также оформление земельных участков из состава государственных неразграниченных земель, наряду с другими организационно-юридическими механизмами в полной мере стали применяться, начиная с 2014 года.

Таблица 1  
Table 1

**Источники оформления права собственности (аренды) АО «БИК» на земельные участки из состава государственных и муниципальных земель в 2011–2014 гг.  
The sources of registration of ownership (lease), JSC «BIC» on the land plots from structure of state and municipal land in 2011–2014**

Источники формирования земельных участков	Площадь земель (га), переданных АО «БИК» по годам				Итого
	2011	2012	2013	2014	
Земельные участки областной собственности, переданные в собственность или аренду на торгах	960	184	387		1 531
Земельные участки, находящиеся в федеральной собственности, предоставленные для комплексное освоения	39	37	697	235	1 008
Земельные участки, предоставленные взамен изымаемых для государственных нужд	0	0	191	918	1 110
Земельные участки, полученные в результате встречного обмена с частными землями	2 779	0	380	332	3 491
Земельные участки, предоставленные органами местного самоуправления из неразграниченных земель	283	246	0	18	547
Земельные участки, внесенные в качестве вклада в уставный капитал	0	0	0	43	43
Всего	4 062	468	1 654	1 546	7 730

Риски проведения торгов по продаже государственных земельных участков, связанные с возможностью бесконтрольного перехода прав к недобросовестным землепользователям, незначительны в связи с повышенными обязательствами АО «БИК» по выполнению условий по подведению инженерных коммуникаций к массивам ИЖС после регистрации права собственности на земельные участки.

В связи с проведенной, начиная с 2004 года, интенсивной работой по передаче государственных земель для малоэтажного строительства и растущим спросом населения в предоставлении для ИЖС земельных участков к началу 2014 года были практически исчерпаны резервы крупных свободных массивов земель, находящихся в государственной или муниципальной собственности, расположенных в пригородных зонах, перспективных для ИЖС. За этот период свыше 40 тыс. семей были обеспечены земельными участками для строительства индивидуальных жилых домов. Дальнейшее вовлечение для строительства земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения, находящихся в государственной или муниципальной собственности, без ущерба развитию аграрного сектора и уменьшения площади земель, участвующих в сельскохозяйственном производстве, не представляется возможным.

В такой ситуации по результатам поиска альтернативных источников для дальнейшего развития индивидуального жилищного строительства на территории Белгородской области наряду со сложившейся в большинстве регионов Российской Федерации практикой развития градостроительной политики преимущественно за счет государственных и муниципальных земель разработан и начат ре-



ализовываться ряд пилотных проектов по задействованию на взаимовыгодных условиях земельных участков, находящихся в частной собственности физических и юридических лиц.

Так, Правительством области было обращено внимание на существующие проблемы хозяйственной деятельности на территориях садоводческих (огороднических) товариществ. Низкая востребованность населения в использовании по целевому назначению садоводческих участков (по состоянию на 1 января 2014 года доля неиспользуемых земель составляла от 25 до 45 процентов), неорганизованное освоение территорий с одной стороны, нахождение в непосредственной близости или в черте населенного пункта вблизи от существующих инженерных коммуникаций, в большинстве случаев со спокойным рельефом, с другой стороны, позволяют рассматривать эти территории как резерв для развития градостроительной деятельности.

В результате проведенной инвентаризации всех садово-огородных объединений граждан на территории области в соответствии с предварительными заключениями органов местного самоуправления архитектуры области и других заинтересованных структур были определены массивы, возможные для реализации проекта по вовлечению садоводческих массивов в градостроительную деятельность.

Основой возможного использования земель садоводческих товариществ для целей индивидуального жилищного строительства является разработка проекта планировки территории (архитектурно-планировочное решение) и утверждение его на градостроительном (техническом) совете муниципального образования. Изменение вида разрешенного использования с «для целей садоводства» на «для ИЖС» возможно только при строгом соблюдении планировки массива, а также конкретных условий, предусмотренных утвержденным проектом, таких как: минимальный размер земельного участка – не менее 15 соток, наличие мест общего пользования в соответствии с утвержденными параметрами (ширина улиц, определение красных линий для прокладки коммуникаций), соблюдение требований использования земель в охранных зонах, наличие парков, зеленых зон и т. п.

Реализация такого подхода на практике предусматривает побуждение собственников к так называемому эффекту естественного поглощения – заинтересованные лица в результате гражданско-правовых сделок увеличивают площадь земель до минимально необходимой (с учетом необходимости отчуждения части земельного участка площадью около 7–10% от общей площади для создания улиц, проездов, разворотных площадок и других мест общего пользования, предусмотренных проектом планировки). Только при соблюдении этих условий у органов местного самоуправления муниципального района (городского округа) появляются основания принимать решение об отнесении садоводческого массива к территории (зоне), предназначенной для ИЖС.

В целях создания условий для вовлечения земель садоводческих товариществ, находящихся за пределами населенных пунктов, в градостроительную деятельность органами исполнительной власти области совместно с органами местного самоуправления муниципальных образований проводятся работы по внесению в установленном порядке изменений в документы территориального планирования и градостроительного зонирования и включению садоводческих товариществ в состав того или иного населенного пункта. При этом у граждан появляется возможность сформировать свой земельный участок (при соблюдении условий, указанных выше) для целей индивидуального строительства, а также остается право использовать земельный участок на прежних условиях – для садоводства (табл. 2).

Проведенный анализ изменения земельных платежей после изменения категории земельного участка показывает абсолютно незначительный прирост к размеру ранее уплачиваемого земельного налога. Однако в случае принятия решения собственником о продаже земельного участка, теперь уже находящегося в составе земель населенных пунктов, – существенно увеличивается его привлекательность, и, соответственно, его стоимость.

Для создания единой системы освоения территорий садоводческих товариществ, обеспечения жесткого контроля освоения земель в соответствии с заданными параметрами и соответствующего мониторинга решением Правительства области координатором и администратором данной работы определено ОАО «БИК». В рамках своих полномочий корпорацией осуществляется анализ возможности создания инженерной сети, изучается возможность подключения к прилегающим сетям с учетом их параметров и координация непосредственно самих работ по обустройству объектами инженерной инфраструктуры и дорогами территорий СНТ. Кроме того, представители общества участвуют в заседаниях градостроительных (технических) советов муниципальных образований при утверждении архитектурно-планировочных решений, осуществляют мониторинг освоения садоводческих массивов и принятия органами местного самоуправления решений об изменении вида разрешенного использования земельных участков из состава садоводческих объединений граждан.

С учетом массового развития малоэтажной жилой застройки вокруг г. Белгорода и других крупных административных центров Белгородской области на сегодняшний день практически исчерпаны крупные массивы земель, находящиеся в государственной и муниципальной собственности, пригодные для ИЖС. Гибкость региональной земельной политики органов исполнительной власти области при решении вопросов использования земельных ресурсов в градостроительной деятельности заключается в задействовании в ИЖС дополнительных земельных участков, находящихся в частной собственности физических и юридических лиц, расположенных на территории пригородных зон.

Таблица 2  
Table 2

**Технология работ по задействованию земель садовых объединений  
в градостроительную деятельность**  
**The technology works by harnessing the land of gardening associations in city planning activities**

№ п/п	Наименование мероприятия
1	Определение перспективных массивов с целью вовлечения в градостроительный процесс
2	Подготовка градостроительного обоснования о возможности включения в границы населенных пунктов
3	Подготовка заключений технической возможности подключения к инженерным сетям данных участков (массивов), предусмотрев размещение объектов инженерной инфраструктуры
4	Подготовка архитектурно-планировочных решений по возможному обустройству данных массивов
5	Изменение категории земельных участков (в массиве) путем включения в черту (с учетом генеральных планов развития территорий)
6	Передача на администрирование АО «БИК» этапов освоения земельных массивов садоводческих объединений граждан
7	Изменение целевого назначения конкретных участков (для выдачи разрешений на строительство), образованных в соответствии с архитектурно-планировочным решением

Правительством Белгородской области согласован механизм обмена земель сельскохозяйственного назначения, находящихся в собственности граждан и юридических лиц и перспективных для ИЖС, на земельные участки под индивидуальную застройку. Сутью данного организационно-технического механизма является предоставление правообладателями в собственность АО «БИК» не менее 80% площади принадлежащего исходного земельного участка с последующим предоставлением корпорацией в соответствии с заключенными перманентными договорами земельных участков площадью 1500 кв. м из состава категории земель населенных пунктов с установленным видом разрешенного использования «для индивидуального жилищного строительства». При этом государство берет на себя все бремя юридического оформления сделки вплоть до государственной регистрации перехода права собственности на земельный участок под ИЖС (рис. 1).

Такой подход положительно воспринимается населением, так как результат реализации указанного механизма влечет капитализацию активов граждан и способствует созданию основы для решения жилищных проблем.

В целях доведения до сведения граждан информации о возможности капитализации принадлежащих земельных ресурсов планомерно проводится организационно-разъяснительная работа, в рамках которой гражданам, не использующим или не эффективно использующим сельскохозяйственные угодья, предлагается добровольное участие в обмене по указанной программе своих земель сельскохозяйственного назначения на земельные участки под ИЖС либо указываются иные перспективные направления использования земельных участков, в том числе овощеводство, производство товарного меда и др. При этом условия, на которых собственники земельных участков могут привлекаться к участию в схему обмена с АО «БИК» земельными участками, могут варьироваться в разумных пределах с учетом площади, удаленности рассматриваемых земель от черты населенного пункта, а также потребности корпорации в земельных участках для ИЖС в каждом конкретном массиве.



Рис. 1. Вовлечение земель сельскохозяйственного назначения, принадлежащих физическим и юридическим лицам, в программу развития индивидуального жилищного строительства по механизму мены «20 на 80»  
Fig. 1. The involvement of agricultural land owned by physical and legal entities, in the program of development of individual housing construction according to the mechanism of exchange «20 to 80»

Кроме того, правообладателям сообщается об административной ответственности, предусмотренной действующим законодательством при выявлении уполномоченными органами государствен-



ного земельного надзора и муниципального земельного контроля фактов не соблюдения требований использования и охраны земель.

В отношении недобросовестных правообладателей сельскохозяйственных угодий, выкупивших в частную собственность земельные участки вокруг крупных административных центров с целью последующей спекуляции и получения коммерческой выгоды, после обнаружения нарушений положений законодательства по надлежащему использованию земель сельскохозяйственного назначения и прохождения мер административного воздействия формируется необходимая документарная база, являющаяся обоснованием для запуска дел об изъятии в судебном порядке не используемых земельных участков из-за нарушений земельного законодательства.

С учетом имеющегося дефицита свободных земель не менее перспективным направлением для привлечения дополнительных земельных ресурсов под индивидуальное жилищное строительство является работа по задействованию во вторичный оборот земельных участков, оформляемых как выморочное имущество или бесхозяйная вещь, а также регистрируемых в результате отказа от права собственности в соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 года № 122-ФЗ «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним» [13]. Данные земельные участки под пустующими (заброшенными) усадьбами, привлекательные с точки зрения доступа к объектам инженерной инфраструктуры, выявляются в ходе проводимой на территории области инвентаризации земель населенных пунктов для последующего оформления в муниципальную или государственную не разграниченную собственность.

Для обеспечения полноты и качества данной работы специально созданными комиссиями осуществляется сплошное обследование земельных участков. По результатам обследования составляется электронная база данных земель с указанием фактического состояния объекта недвижимого имущества и его пригодности для жилья. Данные сведения, а также информация об отсутствии записей в государственных реестрах и регистрах о правообладателях таких земельных участков, являются исходными материалами для запуска механизма оформления в соответствии с действующим законодательством бесхозяйных вещей в муниципальную собственность.

По состоянию на 1 декабря 2014 года на территории Белгородской области выявлено 729 таких земельных участков, из которых 649 свободны от застройки.

Одновременно с решением жилищных проблем указанная работа позволяет обеспечивать безопасную техническую эксплуатацию имущества и надлежащее содержание территории населенных пунктов. Данные мероприятия также являются вспомогательными мерами по формированию эффективной миграционной политики в части пресечения возможности несанкционированного проживания иностранных граждан и лиц без гражданства в заброшенных домах усадебного типа.

Кроме того, в целях оказания в соответствии с федеральным законодательством социальной поддержки многодетным семьям органами исполнительной власти области проработана юридическая возможность предоставления указанных земельных участков гражданам, имеющим трех и более детей. Указанные меры позволили органам местного самоуправления по состоянию на 1 января 2015 года удовлетворить потребность 69% многодетных семей от числа поставленных на учет в соответствии с законом Белгородской области от 8 ноября 2011 года № 74 «О предоставлении земельных участков многодетным семьям» [14] (табл. 3).

В современных условиях региональная политика способна обеспечить устойчивое развитие муниципальных образований путем гармонизации на их территории природных, экономических и социально-демографических процессов, что убедительно показывает пример разработки концепции организации межселенных территорий с эколого-ландшафтных позиций [15]. На территории Белгородской области осуществляется практическая реализация ряда областных инновационных программ по планированию развития и восстановлению сельских территорий. К ним относятся разработанные долгосрочные системы природопользования на бассейновых принципах, программа экологически ориентированного развития территорий муниципальных районов и городских округов, названная «Район-парк», а также областная программа создания родовых поместий и родовых поселений, направленная на обеспечение роста численности сельского населения.

Для реализации в регионе программы создания родовых поместий, направленной в первую очередь на создание условий для восстановления бывших (заброшенных) сельских населенных пунктов, в Белгородской области сформирована вся необходимая нормативная правовая база, в том числе приняты закон Белгородской области от 15 марта 2010 года № 331 «О родовых поместьях в Белгородской области» и постановление Правительства области от 26 июля 2010 года № 254-пп «О реализации закона Белгородской области «О родовых усадьбах в Белгородской области».

Сутью указанной программы является предоставление в безвозмездное срочное пользование сроком на 49 лет земельных участков площадью 1 га гражданам и объединениям граждан, осуществляющих ведение поместного хозяйства в родовых поместьях, компактно расположенных между собой. При этом в таких родовых поместьях приоритет отдается использованию земли как природному объекту, охраняемому в качестве важнейшей составной части природы, внедряются экологические системы земледелия, возрождаются исконные народные обряды, праздники и ремесла, популяризируется здоровый образ жизни.

Таблица 3  
Table 3

**Предоставление земельных участков гражданам, имеющим трех и более детей,  
на территории Белгородской области по состоянию на 1 января 2015 года**  
**The allocation of land to citizens,  
with three or more children in the Belgorod region as of January 1, 2015**

№ п/п	Наименование муниципальных районов и городских округов	Количество поданных заявлений о постановке на учет	Количество многодетных семей, поставленных на учет	Сформировано и включено в перечни для предоставления земельных участков		из них предоставлено земельных участков:	
				количество, шт.	площадь, кв. м	количество, шт.	площадь, кв. м
1	г. Белгород	991	592	220	315 156	158	224 601
2	Алексеевский	140	119	51	52 317	51	52 407
3	Белгородский	300	128	71	106 500	64	96 000
4	Борисовский	71	58	35	55 599	32	48 865
5	Валуйский	109	96	65	97 276	43	63 541
6	Вейделевский	11	11	14	20 700	11	16 200
7	Волоконовский	2	2	2	2 570	1	1 500
8	Грайворонский	87	69	55	101 789	37	64 945
9	Губкинский г/о	210	196	140	213 859	120	183 821
10	Ивнянский	31	30	33	54 056	29	46 774
11	Корочанский	77	72	54	109 967	49	101 955
12	Красненский	-	-	-	-	-	-
13	Красногвардейский	26	25	28	42 278	22	33 278
14	Краснояржужский	12	12	26	39 000	10	15 000
15	Новоскольский	38	34	35	51 611	28	41 111
16	Прохоровский	38	35	38	57 913	31	47 557
17	Ракитянский	34	34	34	54 345	34	54 345
18	Ровеньский	31	30	22	37 779	16	35 143
19	Старооскольский г/о	460	411	190	273 096	154	219 096
20	Чернянский	5	5	4	11 929	3	8 560
21	Шебекинский	180	138	116	208 867	65	94 684
22	Яковлевский	118	103	37	53 568	25	35 710
Итого		2 971	2 200	1 270	1 960 175	983	1 485 093

При этом органы государственной власти области для оказания поддержки участником данной программы берут на себя обязательства по созданию в таких родовых поместьях надлежащих условий проживания путем проведения необходимых инженерных коммуникаций и подъездных дорог. Кроме того, в рамках указанной областной программы ГУП «Белгородский областной фонд поддержки индивидуального жилищного строительства» осуществляет выдачу займов на строительство индивидуального жилого дома и надворных построек.

В настоящее время на территории Белгородской области образовано три родовых поселения:  
- село Устинка Белгородского района (родовое поселение «Серебряный Бор»);  
- хутор Гремячий Шебекинского района;  
- хутор Заречье Корочанского района.

С учетом требований федерального законодательства по решению органами местного самоуправления вопросов местного значения в Белгородской области работа по предоставлению земельных участков для ИЖС ведется не только специализированным оператором – АО «БИК», но и администрациями муниципальных образований.

Вместе с тем результаты проведенной в 2008–2015 гг. по данному направлению работы показывают большую эффективность и заинтересованность уполномоченного органа (АО «БИК») в передаче земельных участков под застройку индивидуальными жилыми домами (табл. 4, 5).

### Выводы

Для удовлетворения потребностей населения в создании жилищных условий гражданам государство в лице региональных властей должно стать основным участником рынка предоставления земельных участков под застройку индивидуальными жилыми домами на приемлемых льготных условиях с применением системы долгосрочного ипотечного кредитования.

Таблица 4  
Table 4

**Предоставление земельных участков под индивидуальное жилищное строительство АО «БИК»  
на территории Белгородской области в 2008–2015 гг.  
Provision of land plots for individual housing construction JSC «BIC»  
on the territory of Belgorod region in 2008–2015**

№ п/п	Наименование муниципальных районов и городских округов	Выдано участков, шт.
1	Алексеевский	451
2	Белгородский	21 146
3	Валуйский	289
4	Волоконовский	7
5	Губкинский	64
6	Грайворонский	15
7	Красногвардейский	22
8	Корочанский	1 194
9	Прохоровский	52
10	Ракитянский	23
11	Старооскольский	4 944
12	Шебекинский	778
13	Чернянский	53
14	Яковлевский	1 663
15	г. Белгород	1 192
Итого		31 893

Таблица 5  
Table 5

**Предоставление земельных участков под индивидуальное жилищное  
строительство органами местного самоуправления  
на территории Белгородской области в 2008–2015 гг.  
Provision of land plots for individual housing construction by local authorities  
in the Belgorod region in 2008–2015**

№ п/п	Наименование муниципальных районов и городских округов	Выдано участков, шт.
1	Алексеевский	309
2	Белгородский	709
3	Борисовский	510
4	Валуйский	392
5	Вейделевский	439
6	Волоконовский	153
7	Грайворонский	664
8	Губкинский	1206
9	Ивнянский	355
10	Корочанский	823
11	Красненский	27
12	Кр.Гвардейский	307
13	Кр.Яружский	316
14	Н.Оскольский	807
15	Прохоровский	675
16	Ракитянский	446
17	Ровеньский	236
18	Старооскольский	1031
19	Чернянский	454
20	Шебекинский	471
21	Яковлевский	1673
22	г. Белгород	337
Итого		12340

Анализ сведений о передаче специализированной организацией, осуществляющей свои полномочия под контролем органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации (в Белгородской области это АО «БИК»), и органами местного самоуправления земельных участков для ИЖС показывает эффективность системной работы уполномоченной организации в рамках региональных программ передачи гражданам земельных массивов для индивидуального жилищного строительства. Так, общая площадь земельных участков, оформленных АО «БИК» гражданам для индивидуального жилищного строительства, превышает площадь аналогичных массивов земель, предоставленных администрациями муниципальных образований, более чем в 2,5 раза.

Особое внимание следует уделять решению задач по снижению бремени содержания специализированной организацией, являющейся уполномоченным оператором на рынке недвижимости субъекта Российской Федерации, земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения, оформленных в собственность юридического лица. Для этого, а также с учетом необходимости одновременного развития сектора сельскохозяйственного производства в регионе управляющим органам такой уполномоченной организации целесообразно рассматривать вопрос передачи подобранных до востребования земельных участков в аренду сельскохозяйственным товаропроизводителям.

Одним из факторов положительного влияния доминирующей роли органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации на рынке предоставления земельных участков под застройку является снижение вероятности наступления рисков населения, выражающиеся в недобросовестных действиях правообладателей исходных массивов земель, при оформлении прав на земельные участки под ИЖС. Реализация аналогичных полномочий органами местного самоуправления по месту расположения земельных участков, перспективных под застройку индивидуальными жилыми домами, имеет большую коррупционную составляющую в связи с высокой вероятностью существования родственных связей или коммерческого интереса между гражданами, заинтересованными в оформлении земельного участка, и работниками администраций муниципальных образований.

Для исключения предпосылок возникновения спекулятивных действий со стороны покупателей земельных участков по перепродаже с целью получения прибыли оформленных в собственность земель важно обеспечить установление ограничений по распоряжению данными гражданами приобретенными земельными участками для индивидуального жилищного строительства. В Белгородской области согласно разработанному и принятому АО «БИК» Порядку передачи земельных участков такие ограничения включают в себя пятилетний период, в течение которого собственник не вправе осуществить государственную регистрацию перехода права на принадлежащий земельный участок [16].

В целях расширения охвата развития программы индивидуального жилищного строительства уполномоченным органам, ответственным за выработку и реализацию региональной политики в сфере земельных отношений, необходимо обеспечить вовлечение частных земель, в том числе не эффективно используемые земельные участки садовых и огородных товариществ, а также внедрять программы обмена на взаимовыгодных условиях частных и государственных земель.

Серьезной предпосылкой и действенным способом в обеспечении развития сферы ИЖС является планомерное проведение компетентной организационно-разъяснительной работы с гражданами по доведению сведений о возможных административных последствиях не использования принадлежащих земель, а также о существующих программах и механизмах поддержки на региональном уровне населения, позволяющих подобрать перспективные варианты использования земельных участков.

В условиях нарастающих тенденций административно-территориальной разобщенности решение проблем комплексного развития депрессивных сельских населенных пунктов возможно с помощью реализации региональных программ, устанавливающих социальные гарантии государства при оформлении земельных участков на территории бывших и малых населенных пунктов, аналогичных программе Белгородской области «Родовые поместья».

### Список литературы References

1. Савченко Е.С. 2007. Релизем программу «Свой дом». Экономика сельского хозяйства России. № 2. - С. 9–10.  
Savchenko E.S. 2007. Relishes program «Own house». Economics of agriculture of Russia. №2. - P. 9–10.
2. Кутырев В.Г., Стеклов А.М. 2013. К проблеме индивидуального жилищного строительства в России. Теория и практика общественного развития. № 12. - С. 90.  
Kutyrev V.G., Steklov A.M. 2013. To the problem of individual housing construction in Russia. Theory and practice of social development. № 12. - P. 90.
3. Полховская Т.Ю. 2011. Финансовые исследования. Государственное регулирование системы финансирования недвижимости: опыт Китая. № 2 (31). - С. 15–24.  
Polkhovskiy T.Y. 2011. Financial study. Regulation of real estate financing: the experience of China. No. 2 (31). - P.15–24.

4. Лонг В. 2011. Последовательное открытие экономики и его влияние на модернизацию индустриальной структуры Китая. Конференция «Экономическое развитие и особенности переходного периода в Китае и России: Прошлое и будущее» - М.: НИУ-ВШЭ.

Long V. 2011. The consistent opening up of the economy and its impact on the modernization of the industrial structure of China. Conference «Economic development and peculiarities of the transitional period in China and Russia: the Past and future», Moscow: HSE.

5. Лисецкий Ф.Н., Чугунова Н.В. 2014. Расселение населения муниципальных образований Белгородской области как основной фактор в реализации концепции «Район-парк». Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика, т. 29 № 1-1 (172). – С. 46–54.

Lisetsky F. N., Chugunova N. In. 2014. The resettlement of the population of municipal formations in Belgorod region as a major factor in the implementation of the concept «District Park». Bulletin of Belgorod state University. Ser. History. Political science. Economy. Informatics, vol. 29 No. 1-1 (172). – P. 46–54.

6. Калашников Н.В. 2009. Жилищное строительство: решение вопроса по-белгородски. Право и инвестиции. № 3. - С. 56–59.

Kalashnikov N.V. 2009. Housing: a solution to the issue in Belgorod. Law and investments. № 3. - P. 56–59.

7. Официальный сайт АО «Белгородская ипотечная корпорация» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ipoteka.belgorod.ru>.

Official site of JSC «Belgorod mortgage Corporation» [Electronic resource]. - URL: <http://www.ipoteka.belgorod.ru>.

8. Сinyaкова Е.В. 2015. Инновационный сценарий развития рынка индивидуального жилищного строительства. Вестник Кемеровского государственного университета. № 1-2 (61). - С. 229–233.

Sinyakova E.V. Innovative scenario of the market development of individual housing construction. The Bulletin of Kemerovo state University. № 1-2 (61). - P. 229–233.

9. О государственных унитарных предприятиях и акциях акционерных обществ, не подлежащих приватизации: закон Белгородской области от 3 мая 2006 года №35 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

About the state unitary enterprises and joint stock companies not subject to privatization: the law of Belgorod region from may 3, 2006 №35 [Electronic resource]. - URL: <http://www.consultant.ru/>.

10. О развитии системы ипотечного жилищного кредитования в Белгородской области: закон Белгородской области от 13 сентября 2002 года №45 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

About development of system of mortgage housing crediting in the Belgorod region: Belgorod region law from September 13, 2002 №45 [Electronic resource]. - URL: <http://www.consultant.ru/>.

11. Земельный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 21 октября 2001 года №136-ФЗ (в ред. от 01.03.2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

Land code of the Russian Federation: Federal law of 21 October 2001 №136-FZ [Electronic resource]. - URL: <http://www.consultant.ru/>.

12. Об обороте земель сельскохозяйственного назначения: Федеральный закон от 24 июля 2002 г. №101-ФЗ (в ред. от 23.06.2014) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

On the circulation of lands of agricultural purpose: the Federal law of 24 July 2002 No. 101-FZ [Electronic resource]. - URL: <http://www.consultant.ru/>.

13. О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним: Федеральный закон от 21 июля 1997 года №122-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

On state registration of rights to immovable property and transactions with it: the Federal law of 21 July 1997 No. 122-FZ [Electronic resource]. - URL: <http://www.consultant.ru/>.

14. О предоставлении земельных участков многодетным семьям: закон Белгородской области от 8 ноября 2011 года №74 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

On granting land plots to large families: the law of Belgorod region from November 8, 2011 No. 74 [Electronic resource]. - URL: <http://www.consultant.ru/>.

15. Lisetsky F.N., Buryak J.A., Grigoreva O.I., Marinina O.A., Martsinevskaya L.V. 2015. Implementation of the Basin-Administrative and Ecoregional Approaches to Environmentally Oriented Arrangement Inter-settlement Areas of the Belgorod Region. Biogeosystem Technique. Vol.(3). Is. 1. – P. 50–63. [Electronic resource]. - URL: DOI: 10.13187/bgt.2015.3.50

16. Примерный порядок и условия предоставления земельных участков индивидуальным и корпоративным застройщикам для строительства жилья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ipoteka.belgorod.ru/normdoc.htm>.

17. Approximate order and terms of granting land plots to individual and corporate developers for housing [Electronic resource]. - URL: <http://www.ipoteka.belgorod.ru/normdoc.htm>.

УДК 338.1

**СТИМУЛИРОВАНИЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ АКТИВНОСТИ  
НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ (НА ПРИМЕРЕ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)****THE STIMULATING OF ENTREPRENEURIAL ACTIVITY AT THE REGIONAL  
LEVEL (AS EXAMPLE THE VOLGOGRAD REGION)****Л.С. Шаховская, О.Е. Акимова, Т.И. Базарбаева  
L.S. Shahovskaya, O.E. Akimova, T.I. Bazarbaeva***Волгоградский государственный технический университет,  
Россия, 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28**Volgograd State Technical University, Lenin Avenue, 28, Volgograd, 400005, Russia**E-mail: mamol4k@yandex.ru; akimovann25@mail.ru; tanya.bazarbaeva@yandex.ru*

*Аннотация.* В статье обосновывается необходимость развития предпринимательства в контексте низкой предпринимательской активности населения, а также возможные способы его стимулирования в России. Приведены статистические данные относительно различных показателей предпринимательской активности в России и зарубежных странах и составлен их краткий сравнительный анализ. Автором была сформулирована инфраструктура поддержки субъектов предпринимательства на региональном уровне (на примере Волгоградской области). В ходе исследования были выявлены недостатки инфраструктуры стимулирования субъектов малого предпринимательства, а также факторы, затрудняющие развитие предпринимательской деятельности на территории РФ, и предложены пути их преодоления.

*Resume.* The article proves the necessity of the entrepreneurship development in the context of the low level of people's entrepreneurial intentions and possible ways of stimulating it in Russia. There is statistic information of different characteristics of entrepreneurial activity in Russia and abroad and there is short comparative analysis. The author formulated the infrastructure of support of the entrepreneurial subjects at the regional level (on the example of the Volgograd region).

The structure of work to represented by the introduction, description of the object and methods of investigation, analysis of the results, and as a result, the formulation of a number of conclusions. The main purpose of the research was to study the main barriers to entrepreneurship, the search for optimal ways of their elimination, and most importantly, the role of government agencies in addressing these key business issues. During the survey of the population was carried out on their involvement in business activities. Based on respondents' answers were calculated and compared the proportion of potential, emerging, established entrepreneurs and owners of newly created businesses. Based on the sample survey data, which was conducted among businessmen of the Volgograd region, the author of this article have been identified among the factors impeding the dynamic and effective development of small business in the region, infrastructure deficiencies stimulate small businesses have been identified.

Research found disadvantages of the infrastructure of stimulating subjects of small entrepreneurship and also factors that complicate the development entrepreneurial activity in Russia and there were offered ways of overcoming them.

The conducted researches allow to draw a conclusion that financial illiteracy of the population, difficulty in receiving financial aid are the key reasons of low enterprise activity in the Volgograd region; high level of administrative barriers and corruption; imperfection of system of the taxation; lack of qualified personnel.

*Ключевые слова:* Предпринимательская активность, стимулирование, мотивация, малый бизнес, финансирование, предпринимательский потенциал.

*Keywords:* entrepreneurial activity, stimulation, motivation, small business, inadequate financing, entrepreneurial potential.

**Введение**

Предпринимательство – важнейший стратегический ресурс и внутренний источник развития национальной экономики, поэтому стимулирование предпринимательства на протяжении уже ряда лет является одной из ключевых задач Правительства РФ. Стимулирование связано с созданием необходимых условий для проявления наиболее прогрессивных качеств предпринимателей и, как следствие, оптимального использования имеющихся в стране ресурсов.

Существенное значение имеет понимание различий в таких понятиях, как «стимулирование» и «мотивация». Многие путают или отождествляют эти понятия, что является крайним заблуждением.

Стимулирование принципиально отличается от мотивирования. По мнению авторов статьи, мотивирование можно трактовать как сложный механизм, предполагающий изменение ценностей и, соответственно, иерархии мотивов, а стимулирование – это одно из средств, с помощью которого осуществляется мотивирование [Акимова, 2012].

Таким образом, под понятием «стимулирование» надо понимать внешнее побуждение к активности, эффективность которого зависит от соответствия предлагаемых благ (стимулов) потребностям человека. Механизм стимулирования предполагает воздействие на имеющуюся систему мотивов, актуализируя и усиливая их, не меняя при этом структуру мотивации. Эффективное стимулирование предпринимательской деятельности способствует росту предпринимательской активности. Предпринимательская активность является многосторонним понятием и описывает вовлеченность населения в создание новых компаний, в управление растущими и устоявшимися компаниями, а также в закрытие бизнеса.

Широко признанным считается тот факт, что предпринимательская активность выступает двигателем экономики. К исследованиям механизма взаимодействия между предпринимательством и экономическим ростом можно отнести международный исследовательский проект «Глобальный мониторинг предпринимательства» (Global Entrepreneurship Monitor - GEM), представляющий собой исследовательскую программу, которая главным образом исследует стимулы экономического роста.

Глобальный мониторинг предпринимательства (Global Entrepreneurship Monitor, GEM) является проектом ведущих бизнес-школ мира по организации внутривосточных исследований развития предпринимательства и обмену информацией о состоянии предпринимательской активности. Россия принимает участие в проекте с 2006 г. В 2013 г. исследование проводилось Высшей школой менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета при поддержке компании ЕУ и Центра предпринимательства.

В соответствии с данными проекта «Глобальный мониторинг предпринимательства» [Национальный отчет «Глобальный мониторинг предпринимательства. Россия 2013»] уровень предпринимательской активности в России составляет 5.75% – это меньше, чем в странах БРИКС: в Бразилии 17% трудоспособного населения являются предпринимателями, в Китае – 14%, в ЮАР – 11%, в Индии – 10%, в России – около 6%. По этому показателю Россия оказалась на одной ступени с Испанией, Финляндией, Грецией, Норвегией, где также 5–6% трудоспособного населения являются предпринимателями.

Только 3.4% малых компаний из вновь создаваемых в России продолжают существовать на рынке более трех лет, что существенно меньше, чем в странах, схожих с Россией по количеству предпринимателей: Норвегия – 6.15%, Финляндия – 6.65%, Испания – 8.39%, Греция – 12.6%.

Количество российских предпринимателей, прекративших свой бизнес в 2013 году, было в два раза больше по сравнению с 2012 годом. Примерно 40% предпринимателей были вынуждены прекратить свою деятельность из-за ее нерентабельности. В 2013 году из-за невозможности получения финансирования количество представителей малого бизнеса, прекративших свою деятельность, сократилось.

Опять же ссылаясь на данные проекта «Глобальный мониторинг предпринимательства» [Национальный отчет «Глобальный мониторинг предпринимательства. Россия 2013»] только 4.7% респондентов в России планируют открыть собственное дело в ближайшие три года, что является самым низким показателем среди стран-участниц проекта. В странах БРИКС он составил в среднем 22%, а в странах Восточной Европы – 21%. В основном открывать новое дело планируют уже действующие предприниматели.

Низкий уровень предпринимательских намерений объясняется рядом факторов, одним из которых является негативная оценка условий для предпринимательского старта. Поэтому важная роль в стимулировании предпринимательской активности должна принадлежать не только федеральному управлению, но и региональным властям.

### **Объект и методы исследования**

Предпринимательская активность в регионе является частью региональной предпринимательской системы, которая представляет собой сложную, открытую систему, находящуюся под постоянным влиянием как внутренних, так и внешних факторов, в частности государственной политики [Шаховская, 2011]. Важнейшей задачей регионального социально-экономического развития в современных условиях является стимулирование предпринимательской активности, свидетель-

ствующее о высоких показателях реализации предпринимательского потенциала, благоприятном предпринимательском климате и эффективности предпринимательской деятельности в регионе.

На Федеральном портале малого и среднего предпринимательства был проведен интернет-опрос 3012 респондентов в возрасте от 18 до 64 лет из следующих городов России: Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Нижний Новгород, Екатеринбург, Самара, Омск, Казань, Челябинск, Ростов-на-Дону, Уфа, Волгоград, Пермь, Красноярск, Саратов, Воронеж, Тольятти, Краснодар, Ульяновск, Ижевск, Ярославль, Барнаул, Иркутск, Владивосток, Хабаровск [Федеральный портал малого и среднего предпринимательства]. Опрос был посвящен развитию предпринимательства в регионе. Авторами статьи был проведен анализ ответов, данных в интернет-опросе, о состоянии предпринимательской активности в регионах России.

Для измерения активности населения были рассчитаны доли потенциальных, нарождающихся, устоявшихся предпринимателей и владельцев вновь созданного бизнеса. Разделение на группы основывалось на ответах респондентов на вопросы об их вовлеченности в предпринимательскую деятельность. Проведенный анализ позволил отнести к потенциальным предпринимателям 776 респондентов, т.е. каждый четвертый житель крупного города в ближайшие три года планировал начать дело. 6.3% (189 респондентов) являются нарождающимися предпринимателями, владельцев вновь созданного бизнеса – 4.4% (132 респондента), а 3.2% (96 респондентов) были отнесены к владельцам устоявшегося бизнеса.

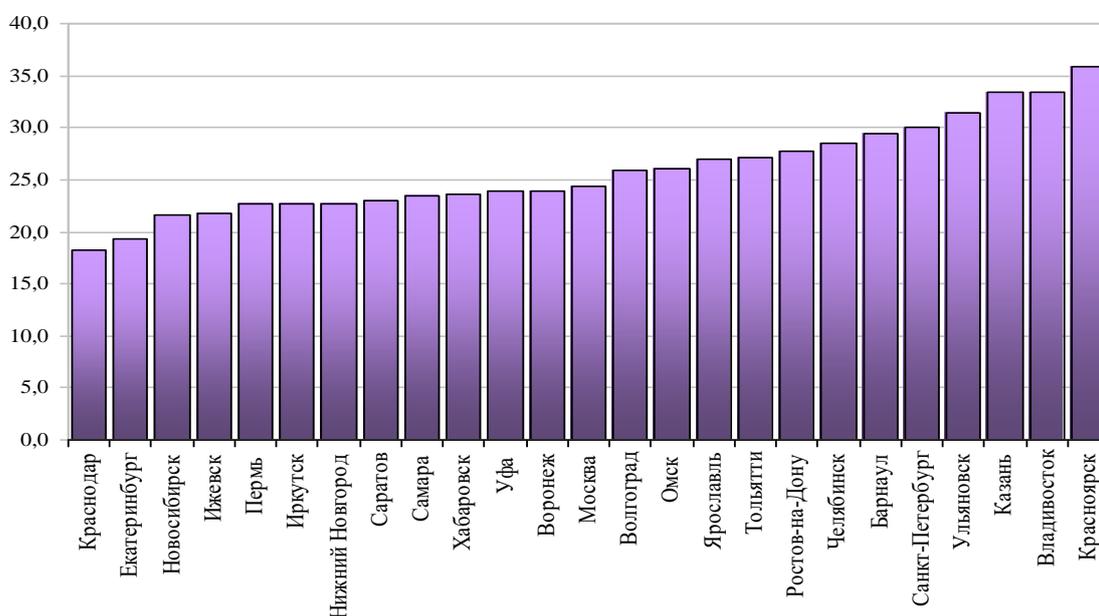


Рис. 1. Уровень потенциального предпринимательства в городах  
Fig. 1. Level of potential entrepreneurship in Russian cities

Источник: составлено авторами статьи на основании данных Федерального портала малого и среднего предпринимательства

При этом можно заметить различия в предпринимательской активности в городах. Наибольший уровень потенциальной предпринимательской активности (рис. 1) демонстрируют такие города, как Красноярск (35.9%), Владивосток (33.3%), Казань (33.3%), Ульяновск (31.5%), Санкт-Петербург (30%). Аутсайдерами по желанию открывать новые компании стали: Краснодар, Екатеринбург, Новосибирск и Пермь.

Сопоставление этих данных с уровнем нарождающихся предпринимателей (рис. 2) позволяет констатировать, что не все города удерживают лидирующие позиции, когда речь идет о действиях индивидуумов по созданию компаний. Казань и Санкт-Петербург демонстрируют устойчивые позиции и среди нарождающихся предпринимателей. Также высокую активность нарождающихся предпринимателей показали Иркутск, Хабаровск, Воронеж и Красноярск. Среди городов, население которых наименее активно в создании новых предприятий, оказались Пермь, Екатеринбург, Челябинск, Уфа. Если уровень потенциального предпринимательства среди городов различается в 2 раза, то уровень нарождающихся предпринимателей колеблется от 2.4% в Перми до 13.2% в Иркутске.

Как показал проведенный анализ, Волгоградская область не входит в число регионов, где наблюдается положительная динамика развития предпринимательства. Хотя работа в этом направлении в регионе ведется. Из числа ключевых задач Правительства Волгоградской области приоритетной считается становление и действенное внедрение объектов инфраструктуры пред-

принимательства в сферы, обеспечивающие подходящие условия для функционирования бизнеса [О положении о территориях предпринимательской активности в городском округе город-герой Волгоград, 2010].

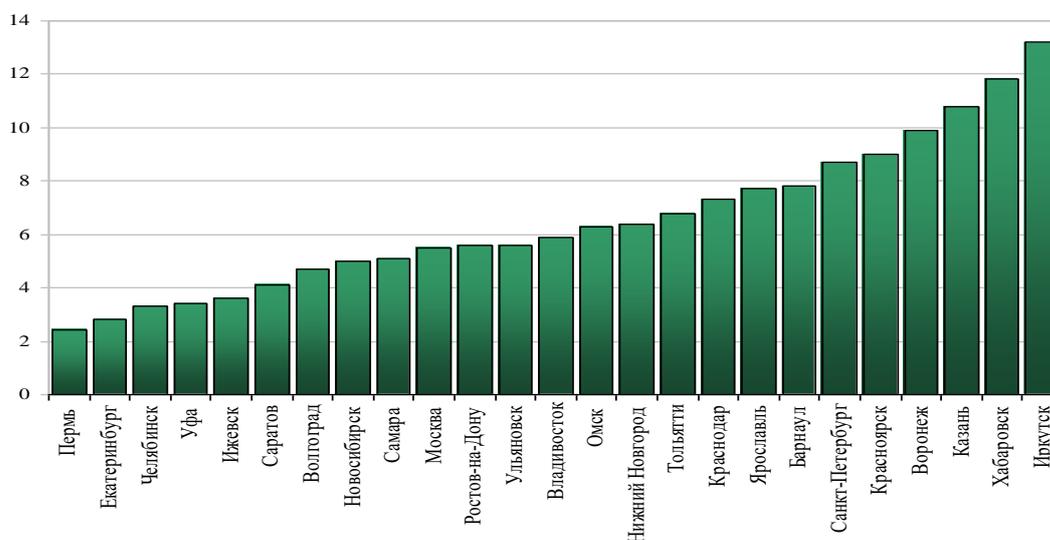


Рис. 2. Уровень нарождающегося предпринимательства в городах  
Fig. 2. Level of nascent entrepreneurship in Russian cities

Источник: составлено авторами статьи на основании данных Федерального портала малого и среднего предпринимательства

Инфраструктура помощи предпринимательству в Волгоградской области развивается согласно программам, реализуемым Министерством финансового развития Волгоградской области и Волгоградской торгово-промышленной палаты, социальных объединений предпринимателей, фондов, специальных центров и разных консалтинговых структур, представленных на рис. 3.

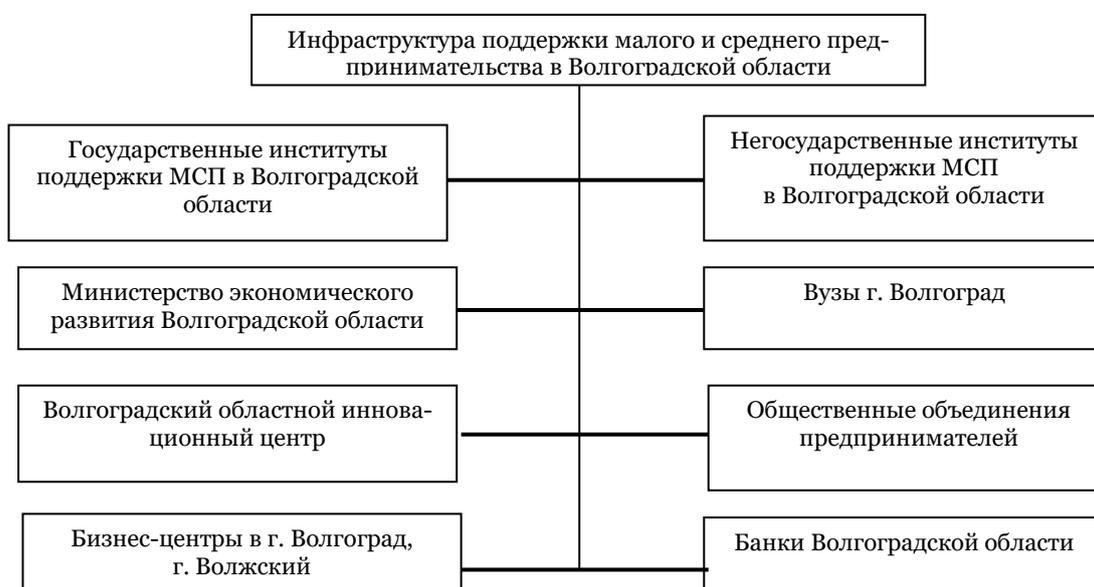


Рис. 3. Инфраструктура поддержки субъектов предпринимательства Волгоградской области

Fig. 3. The infrastructure of support of the entrepreneurial subjects of the Volgograd region

Источник: составлено авторами статьи на основании данных Правительства Волгоградской области

Однако у имеющейся инфраструктуры стимулирования субъектов малого предпринимательства в Волгоградской области, при всей ее развитости, все же имеются ряд немаловажных недочетов:

1) большая часть объектов инфраструктуры появляется подсознательно. При этом фактически не учитываются более острые потребности местных бизнесменов и отсутствует адекватная ресурсная помощь со стороны органов власти субъектов Федерации;

2) инициаторы и организаторы проектов открытия субъектов помощи малого и среднего предпринимательства нередко сами имеют очень нечеткое понятие о том, какие конкретно виды помощи оказывать, на исполнении каких функций специализироваться и каким образом обеспечивать финансирование для снабжения хотя бы частичной самокупаемости учреждаемой структуры. Поэтому почти во всех вариантах помощи исполняют, либо пробуют исполнять неспецифические виды деятельности;

3) почти все объекты инфраструктуры отсутствуют, либо существуют лишь на бумаге;

4) сами предприниматели не имеют четкого представления об инфраструктуре их поддержки, не обладают информацией о том, к кому обратиться за помощью или разъяснениями, о времени, месте и форме обращения.

Немаловажными причинами, снижающими эффективность формируемых объектов инфраструктуры мотивации предпринимательской деятельности, являются их слабое и неудачное территориальное расположение и острый недостаток квалифицированного персонала. Следует отметить и недостаточную информированность бизнесменов о наличии в регионе объектов инфраструктуры, ориентированной на мотивационный эффект развития предпринимательской деятельности.

Исходя из данных выборочного опроса, который был проведен среди бизнесменов Волгоградской области, авторами данной статьи к числу факторов, препятствующих динамичному и эффективному развитию малого бизнеса в регионе, были отнесены следующие:

- затрудненный доступ предпринимателей к финансовым, имущественным и информационным ресурсам;
- высокий уровень административных барьеров и коррупции;
- несовершенство системы налогообложения;
- недостаток квалифицированных кадров.

Существенной особенностью малого предпринимательства является то, что оно развивается в условиях глубокого социально-экономического и политического кризиса, тем самым осложняя ситуацию. К подобным условиям можно отнести: несовершенство нормативно-правовой базы; ненадлежащее исполнение законодательства субъектами правоотношений в сфере бизнеса вообще и малого, в частности; несовершенство государственной фискальной политики и налоговой системы; дефицит собственных средств предприятий; неплатежеспособность партнеров, неэффективная система государственной поддержки.

Для решения этих проблем необходима активная и эффективная региональная политика по поддержке малого бизнеса на всех уровнях власти [Растворцева, 2013]. В настоящее время такая политика в регионе только разрабатывается, определяются ее цели, направления, механизмы реализации. На сегодняшний момент региональные органы видят проблему малого бизнеса и считают ее одной из наиболее важных. Поэтому они заинтересованы в стимулировании малого предпринимательства и оказывают информационную поддержку и помощь в преодолении административных барьеров. Однако надо сказать, что большая часть региональных руководителей не имеет желания менять ситуацию, так как «взрослый» на бюджетных деньгах в 90-е года крупный бизнес не намерен иметь конкурентов. Используя связи с представителями власти для малого предпринимательства, организуются дополнительные бюрократические барьеры.

### Результаты исследования

Для появления малого бизнеса необходимо повысить правовую грамотность граждан, а также создавать благоприятные условия для развития предпринимательства: установить льготный период налогообложения, в течение года предприниматель имеет право трудиться, развивая свой бизнес, без уплаты налогов, после чего на последующий год устанавливается налог исходя из его реальной прибыли (чем выше прибыль, тем выше налог).

В случае если предприятие является производителем товаров народного потребления и расширяет их перечень, власти региона должны обязано подумать о субсидировании данного предпринимателя [Растворцева, Куга, 2012]. Для людей, желающих зарегистрироваться как индивидуальный предприниматель, и самозанятого населения предоставить возможность приобретения патента на короткий промежуток времени, чтобы человек попробовал себя в роли предпринимателя. В случае неудачи для него не возникает никаких негативных последствий, и он просто прекращает деятельность. В данный момент ситуация такова, что многие люди боятся открывать новое дело, поскольку знают, что им придется оплатить все налоги за год, даже если их деятельность окажется нерентабельной. Все риски будущие предприниматели несут, к сожалению, пока самостоятельно, а потому их количество с каждым годом снижается.

Известно, что без вложений прибыль получить нельзя. Если представить государство как предпринимателя, то, не вложив усилий или финансов в малый бизнес, отдачи от него ждать не



придется, а практика взимания денег на разрешение заниматься бизнесом не приведет к развитию малого предпринимательства.

Серьезной проблемой является нехватка квалифицированных кадров, как в производстве, так и в сфере услуг. Справиться с этой проблемой под силу только органам власти как на региональном, так и на муниципальном уровнях при содействии самих предпринимателей. У предпринимателей есть спрос на квалифицированных специалистов, а предложение от вузов города Волгограда значительно отстает. Эту ситуацию может исправить бесплатное обучение, так как требовать знания от будущих специалистов можно в том случае, когда они обучаются за бюджетный счет, а не когда платят за обучение сами.

По мнению авторов, потенциал малого бизнеса региона огромен, но для того, чтобы он был реализован, нужны благоприятные условия. На данный момент региональные власти обеспечить таких условий не в состоянии. Насколько государство готово услышать проблемы малых предпринимателей и как быстро отреагировать на них, будет зависеть скорость развития малого бизнеса.

### Выводы

На основании проведенного в данной статье исследования процесса стимулирования предпринимательской активности на региональном уровне можно сделать ряд выводов:

1. Под стимулированием предпринимательской деятельности следует понимать наличие внешних факторов, побуждающих к активности предпринимательства.
2. Предпринимательская активность проявляется в вовлеченности трудоспособного населения в создание новых компаний, а также в процесс развития существующего бизнеса или его реорганизации под влиянием экономической ситуации.
3. Основными причинами низкой предпринимательской активности в Волгоградской области являются: трудности в получении финансовой, имущественной и информационной помощи; высокий уровень административных барьеров и коррупции; несовершенство системы налогообложения; недостаток квалифицированных кадров.

### Список литературы References

1. Акимова О.Е. 2012. Мотивация предпринимательского труда: теория и практика: монография. Волгоград: ВолгГТУ, 112.  
Akimova O.E. 2012. Entrepreneurial Motivation of labor theory and practice: a monograph. Volgograd: VolgGTU, 112.
2. Национальный отчет «Глобальный мониторинг предпринимательства. Россия 2013» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gsom.spbu.ru/research/eship/projects/gem/> (19.02.2016).  
Nacional'nyj otchet «Global'nyj monitoring predprinimatel'stva. Rossiya 2013 [Electronic resource]. - URL: <http://www.gsom.spbu.ru/research/eship/projects/gem/> (accessed 19 February 2016). (In Russian).
3. О положении о территориях предпринимательской активности в городском округе город-герой Волгоград: Решение от 14 июля 2010 г. № 35/1040 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.  
O polozhenii o territorijah predprinimatel'skoj aktivnosti v gorodskom okruge gorod-geroj Volgograd: Reshenie ot 14 ijulja 2010 g. № 35/1040 [Electronic resource]. - URL: <http://www.consultant.ru>. (accessed 19 February 2016).
4. Растворцева С.Н., Акимова О.Е., Бережная О.В. 2013. Конкурентоспособность российских регионов в условиях глобализации экономики. М.: Экон-Информ, 335.  
Rastvortseva S.N., Akimova O.E., Berezhnaya O.V. 2013. Competitiveness of Russian regions in a globalized economy. Moskva: Jekon-Inform, 335.
5. Растворцева С.Н., Куга Я.Т. 2012. Региональная специализация и географическая концентрация промышленности в России. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 13. – С. 37–46.  
Rastvorceva S.N., Kuga Ja.T. 2012. Regional specialization and geographic concentration of industry in Russia. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Jekonomika. Informatika [Scientific statements Belgorod State University. Series: Economy. Computer science]. 13: - P. 37–46.
6. Федеральный портал малого и среднего предпринимательства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://smb.gov.ru/statistics/navy/analitic/14952.html> (19.02.2016).  
Federal'nyj portal malogo i srednego predprinimatel'stva [Electronic resource]. - URL: <http://smb.gov.ru/statistics/navy/analitic/14952.html> (accessed 19 February 2016).
7. Шаховская Л.С., Морозова И.А., Акимова О.Е. 2011. Мотивация труда в предпринимательской деятельности: экономический и институциональный аспекты: монография. ВолгГТУ. - Волгоград: ВолгГТУ, 339.  
Shahovskaja L.S., Morozova I.A., Akimova O.E. 2011. Work motivation in entrepreneurial activity: economic and institutional aspects: monograph. Volgograd: VolgGTU, 339.

УДК 332.1: 332.122

**ИНСТРУМЕНТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТРУКТУРНУЮ ДИНАМИКУ  
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНА****THE TOOLS OF INFLUENCE ON THE STRUCTURAL DYNAMICS  
OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEM OF THE REGION****Е.В. Никулина**  
**E.V. Nikulina***Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85**Belgorod National Research University, 85 Pobeda st., Belgorod, 308015, Russia**E-mail: nikulina@bsu.edu.ru*

*Аннотация.* В статье рассматривается повышение эффективности управления социально-экономической системой региона за счет выявления и степени воздействия на ее структурную динамику инструментов, складывающихся в процессе рационального пользования между ее основными подсистемами и элементами. Приведена содержательная и видовая характеристика инструментов воздействия на структурную динамику социально-экономической системы региона, механизм и степень их воздействия. Показано, что в современных условиях применение этих инструментов способствует формированию экономического роста и повышения уровня жизни населения.

*Resume.* In the article the more efficient management of socio-economic system in the region by identifying and impact on its structural dynamics tools that are emerging in the process of rational use among its major subsystems and components. Shows meaningful and species characteristic instruments of influence on the structural dynamics of the socio-economic system of the region, the mechanism and the degree of their influence. It is shown that in modern conditions, the use of these tools contributes to the formation of economic growth and improved living standards.

*Ключевые слова:* структурная динамика, социально-экономическая система, регион, инструменты воздействия, механизм.

*Keywords:* structural dynamics, socio-economic system, the region, the impact of the tools, mechanism.

**Введение**

В целях обеспечения устойчивых условий функционирования социально-экономической системой региона, а также дальнейшей модернизации, необходимо воздействовать на ее структурную динамику. При этом осуществляются определенные коррекции и фиксирование основных параметров социально-экономических процессов по средством специальных инструментов.

Воздействие на структурную динамику социально-экономической системы региона представляет собой систему типовых мер законодательного, исполнительного и контролирующего характера, осуществляемых правомочными государственными учреждениями и общественными организациями в целях стабилизации и приспособления существующей социально-экономической системы к изменяющимся условиям.

Очевидно, что практически все действия, предпринимаемые государством, оказывают влияние на структурную динамику социально-экономической системы региона. Однако для обеспечения эффективности проведения модернизации социально-экономической системы регионов необходимо конкретизировать инструменты воздействия на них.

**Результаты исследований**

В настоящее время в экономической литературе существует множество подходов к толкованию сущности инструментов воздействия на структурную динамику социально-экономической системы региона (табл. 1).

На основе проведенного теоретического исследования дана авторская трактовка понятия «инструментов воздействия на структурную динамику социально-экономической системы региона», рассматриваемая как комплекс средств, направленных на изменение соотношений параметров в разных сферах региональной социально-экономической системы с целью обеспечения экономического роста и повышения стандарта жизни населения.

Таблица 1  
Table 1

**Теоретические подходы к толкованию сущности инструментов воздействия на структурную динамику социально-экономической системы региона [1-8]**  
**Theoretical approaches to the interpretation of the essence of tools of influence on the structural dynamics of socio-economic system of the region [1-8]**

Определение инструментов воздействия на структурную динамику социально-экономической системы региона	Подход	Авторы определения
Универсальные способы и средства управления социально-экономической системой	толкование инструментов воздействия как способов и средств управления	Райзберг Б.А.
Совокупность моделей, методов и концепций, используемых для решения поставленных задач в социально-экономической системе	модельно-концептуальный подход	Зайцев Л.Н.
Средства практической реализации управленческого решения и регулирования социально-экономической сферы	практический подход	Гегедюш Н.С., Мокеев М.М., Масленникова Е.В.
Методы, используемые для обеспечения динамичного развития экономики страны	методический подход	Словарь бизнес-терминов. Академик.ру. 2001.
Приемы, используемые государством для обеспечения пропорциональности в хозяйстве страны, создания системы социальных компенсаций	толкование инструментов воздействия как приемов регулирования	Азрилян А.Н.
Действия, при помощи которых можно реализовывать цели и решать задачи, стоящие перед правительством	действенный подход	Базилевич В.Д.
Формы, меры и методы, обеспечивающие выработку различных вариантов достижения целей социально-экономического развития	формально-воздейственный подход	Антонова Н.Б., Хорошко О.Б.
кругооборот финансовых, трудовых и материально-вещественных ресурсов региона	Воспроизводственный подход	Ломовцева О.А.

Наиболее широкий перечень инструментов воздействия на структурную динамику социально-экономических систем предлагает Райзберг Б.А.: законодательно-правовые акты; федеральные и региональные целевые программы решения крупных социально-экономических проблем; инвестиции в науку, производство, социальную сферу; объемы и объемные доли экспорта и импорта; изменение форм собственности на средства производства, имущество, недвижимость; система бюджетов; налоги и льготы; регулирование цен; ставка рефинансирования ЦБ РФ; управление внутренним и внешним долгом; материальная помощь населению, установление объема и структуры денежной массы [1]. По нашему мнению, все многообразие инструментов воздействия на структурную динамику социально-экономической системой региона можно свести к выделению следующих из них в разрезе подсистем (рис. 1).



Рис. 1. Виды инструментов воздействия на структурную динамику социально-экономической системы региона  
Fig.1. The types of instruments of influence on the structural dynamics of socio-economic system of the region

При этом следует учесть, что выделение данных инструментов воздействия на структурную динамику социально-экономической системы региона в разрезе конкретных сфер является весьма условным и, несомненно, каждый инструмент прямо или косвенно влияет на все элементы социально-экономической системы региона и может быть систематизирован в следующие виды (табл. 2).

**Классификация инструментов воздействия на структурную динамику  
социально-экономической системы региона**  
**Classification of instruments of influence on the structural dynamics  
of the socio-economic system of the region**

Признак классификации	Виды инструментов
По способу воздействия	- инструменты прямого (непосредственного) воздействия - - инструменты косвенного воздействия
По уровню воздействия	- макроэкономические инструменты - микроэкономические инструменты
По организационно-институциональному критерию	- административные инструменты - экономические инструменты
По характеру выполняемых функций	- координирующие инструменты - разрешительные инструменты - контрольно-запретительные инструменты - информационные инструменты - инструменты в сфере поддержки предпринимательства
По периоду воздействия	- инструменты долгосрочного воздействия - инструменты среднесрочного воздействия - инструменты текущего воздействия
По периодичности воздействия	- постоянные инструменты - периодические инструменты - разовые инструменты
По сферам воздействия	- инструменты воздействия на социальную сферу - инструменты воздействия на производственную сферу - инструменты воздействия на финансовую сферу
По масштабу воздействия	- инструменты общего воздействия - инструменты, воздействующие на отдельные сферы социально-экономической системы
По видам	- минимальный уровень заработной платы - средний размер заработной платы - регулирование цен, надбавок, наценок и установление тарифов - налоги (системы налогообложения) - денежные выплаты населению (пособия по безработице, пенсии по старости и инвалидности, стипендии, ассигнования на жилищное строительство и др.) - меры по развитию конъюнктуры рынка и стимулирование экономического роста - меры поддержки предпринимательства (субсидии, дотации, кредиты) - меры по регулированию прямых иностранных инвестиций - изменение учетной ставки (ставки рефинансирования) - изменение нормы обязательного резервирования - операции ЦБ РФ на открытом рынке

Механизм воздействия инструментов на структурную динамику социально-экономической системы региона представлен на рис. 2.

Для конкретизации направлений воздействия на структурную динамику социально-экономической системы региона рассмотрим сущность и особенности действия данных инструментов.

Основной целью регулирования минимальной заработной платы является предоставление лицам, работающим по найму, необходимой социальной защиты с позиции прожиточного минимума работника и его семьи. Данный инструмент позволяет изменять стандарты уровня жизни населения, стимулировать потребление путем увеличения денежной массы в руках бедных слоев населения, сокращать социальные расходы государства из-за увеличения доходов беднейших слоев населения.

Кроме того, минимальный уровень заработной платы воздействует на рынок труда, оказывает существенное влияние на уровень безработицы и инфляции. Государство за счет регулирования минимального уровня заработной платы влияет на бизнес структуры.

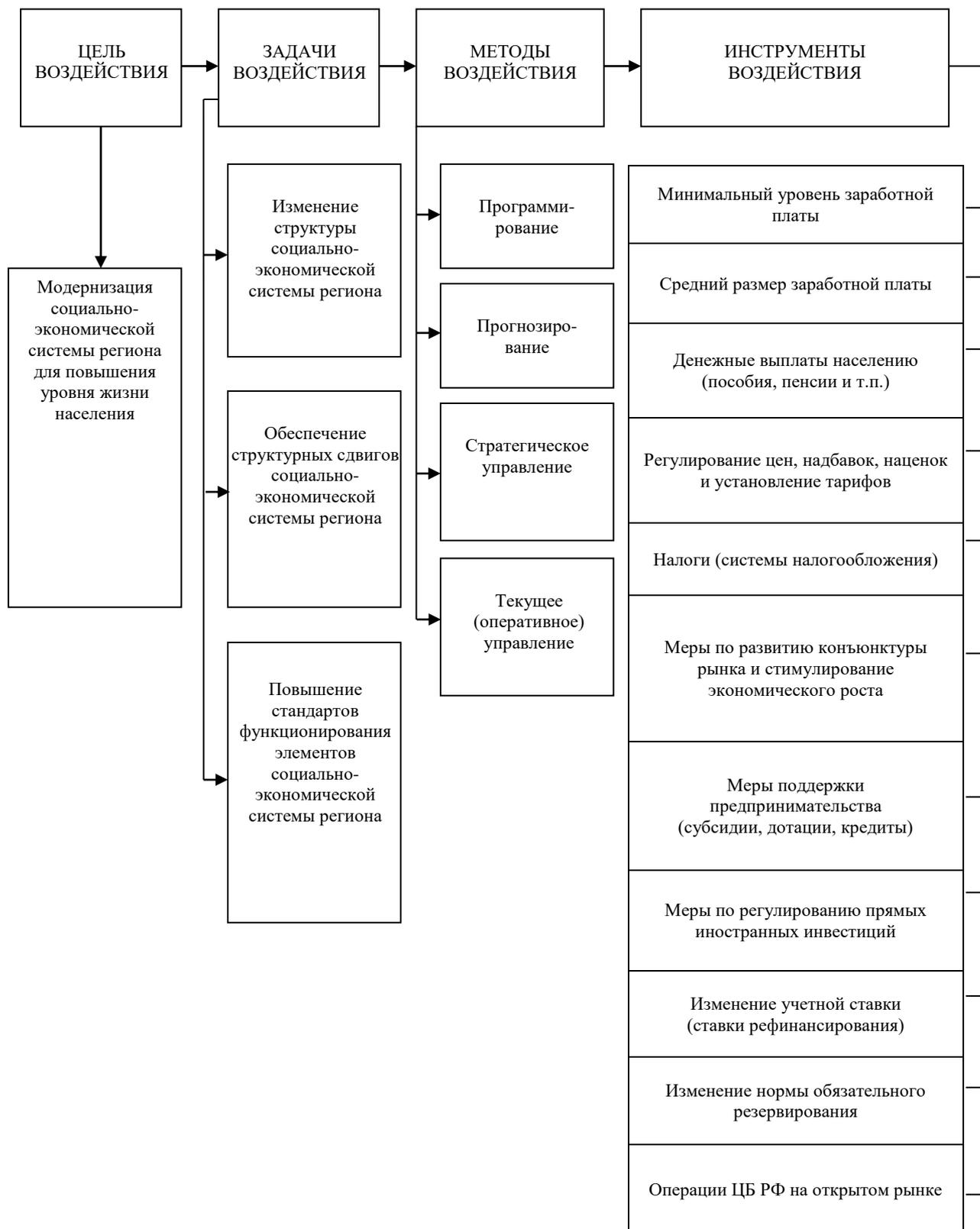


Рис. 2. Механизм воздействия инструментов на структурную динамику социально-экономической системы региона

Fig. 2. The mechanism of the effects of tools on the structural dynamics of the socio-economic system of the region

Хотя средний размер заработной платы определяется общим уровнем спроса и предложения на рынке труда, он широко применяется правительством как ориентир для регулирования

уровня жизни населения, сглаживания социального неравенства, поддержки работников определенных сфер народного хозяйства.

Кроме того, напрямую государственное регулирование среднего уровня оплаты труда осуществляется в государственных, бюджетных организациях, которые, по сути, выполняют важнейшие социальные функции.

Воздействие государства на процессы ценообразования стало одним из важных и систематически применяемых методов экономической политики. Сложившаяся система государственного регулирования цен, надбавок, наценок и установление тарифов наряду с другими формами отраслевой государственной политики представляет собой попытку воздействия на стоимостные пропорции и распределение национального дохода между отдельными отраслями и категориями населения страны. Роль этой формы регулирования в последние десятилетия резко усилилась в связи с развитием инфляции.

В условиях централизованно управляемой экономики государство, назначая цены на товары, работы, услуги, труд, оказывает управляющее воздействие на стоимостные пропорции, соотношения, влияет на процессы потребления, регулирует прибыльность (рентабельность) отраслей и производств.

Дифференцируя цены покупки централизованно управляемое государство проводит социальную политику, влияет на доходы, расходы, уровень жизни граждан [9].

Устанавливая виды налогов, величины налоговых ставок, пошлины на экспорт и импорт, разнообразные сборы в виде оплаты услуг государственных органов, государство обеспечивает поступление денежных средств в бюджет, создает финансовые источники своих доходов, регулирует сбалансированность доходов и расходов. В то же время налоги и сборы представляют значимый инструмент поддержания и стимулирования производства, социальных объектов посредством налоговых льгот и изменения ставок налогообложения [10].

Суть налогов в практическом значении исторически сводилась к взиманию средств у хозяйствующих субъектов и граждан в пользу государства с целью их дальнейшего распределения на нужды государства. Но если сначала налоги носили чисто фискальный характер, то есть являлись основным источником формирования финансовых ресурсов государства, то впоследствии, с тех пор как государство решило принимать активное участие в организации хозяйственной деятельности страны, понятие распределительной функции налогов значительно расширилось и приобрело регулирующие свойства.

Регулирующее воздействие налогов на хозяйственную жизнь имеет многосторонний характер. Налоговое регулирование является одним из элементов налогового механизма. Суть его заключается в том, что любое вмешательство в ход воспроизводственных процессов должно быть экономически целесообразным и обоснованным. Наиболее перспективным методом налогового регулирования является инвестиционный налоговый кредит, который представляет собой изменение срока уплаты налога при наличии соответствующих оснований.

Одним из социально значимых методов налогового регулирования являются налоговые вычеты, которые могут применяться не только предприятиями и организациями, но и гражданами.

Методы налогового регулирования представляют собой возможность проведения налогового регулирования, на практике же налоговое регулирование может осуществляться посредством следующих способов, которые условно делятся на две взаимосвязанные сферы: налоговые льготы и налоговые санкции. Оптимальное сочетание применения этих мер позволяет в конечном итоге рассчитывать на результативность налоговой политики.

Система налоговых льгот включает в себя следующие виды льгот: отмена авансовых платежей, отсрочка платежа по заявлению, освобождение от уплаты налогов отдельных категорий налогоплательщиков, понижение налоговых ставок и так далее.

Денежные выплаты населению (пособия по безработице, пенсии по старости и инвалидности, стипендии, ассигнования на жилищное строительство, транспорт и др.)

Важнейшими инструментами воздействия на структурную динамику социально-экономической системы региона служат устанавливаемые государством виды и масштабы социальных пособий и разных форм социального страхования, а также социальные льготы, предоставляемые низкодоходным, малообеспеченным слоям населения, нуждающимся в помощи. Инструментами проявления заботы государства, общества о благе людей, не обладающих возможностями самостоятельного жизнеобеспечения, попавших в бедственные ситуации, служат разнообразные виды материальной помощи.

Воздействие на социально-экономическую систему осуществляется внебюджетными финансовыми фондами (социальными фондами), от величины и характера использования которых зависит состояние пенсионного и других форм социального обеспечения.

Денежные выплаты государством населению являются инструментом социальной защиты и оказывают влияние на разные элементы социально-экономической системы.

Меры по развитию конъюнктуры рынка и стимулирование экономического роста как

инструмент воздействия на структурную динамику социально-экономической системы региона предусматривают проведение политики управления спросом и предложением. Основными направлениями этих мер являются:

- финансовое стимулирование инвестиций в здания и оборудование, а также инвестиций в технологию, изобретение новых изделий и инновации;
- увеличение доли работающих в общей численности населения;
- меры по образованию и переподготовке кадров для увеличения числа работников требуемых квалификаций;
- стимулирование конкуренции в финансовом секторе для повышения эффективности рынков капитала;
- приватизация и сокращение государственного контроля над промышленностью для поддержания эффективности промышленного производства;
- содействие региональной политике, стимулируя мобильность рабочей силы [11].

Меры поддержки предпринимательства являются решающим фактором его развития. Стимулирование бизнеса многопрофильно, но во всех случаях оно подразумевает, прежде всего, создание благоприятного экономического и правового поля для его развития.

Меры поддержки предпринимательства с одной стороны могут поощрять развитие перспективных отраслей народного хозяйства, с другой – поддерживать нерентабельные, но стратегически важные предприятия (со всеми последствиями вмешательства государства в рыночную экономику).

Широко распространено в мире государственное ценовое регулирование путем государственных дотаций, выплачиваемых производителям, продавцам при условии, что они адекватным образом снизят цены предложения своих товаров и услуг на рынках сбыта. Так что государственная поддержка производителей служит рычагом сдерживания роста или даже снижения рыночных цен.

Меры по регулированию прямых иностранных инвестиций как инструмент воздействия на структурную динамику социально-экономических систем призваны привести к получению в распоряжение дополнительных ресурсов, включая капитал, технологии, управленческий опыт и квалифицированный труд.

Меры по регулированию прямых иностранных инвестиций стимулируют развитие национальной экономики, увеличивают объем производства продукта и дохода, ускоряют экономический рост и развитие.

Для стран-доноров основное воздействие мер по регулированию прямых иностранных инвестиций состоит в возможности получить максимальную прибыль, в том числе и за счет сокращения уровня налогообложения и диверсификации рисков по сравнению с аналогичными внутренними инвестициями.

Меры по регулированию прямых иностранных инвестиций способствуют реализации крупных и важных проектов, кроме того, поступлению в страну новейших технологий (например, при создании производств), новых практик корпоративного управления и т. п.

Ставка рефинансирования, устанавливаемая Центральным банком страны, служит макроэкономическим инструментом воздействия на ставки ссудного процента, применяемые коммерческими банками. В условиях напряженного финансового состояния или в целях привлечения дополнительных финансовых ресурсов государства прибегают к такому инструменту макроэкономического управления, как внутренние и внешние займы [12].

Если целью центрального банка является облегчение доступа коммерческих банков к рефинансированию путем переучета векселей, он снижает учетную ставку. В этом случае кредитный потенциал коммерческих банков увеличится, а проценты по предоставляемым ими кредитам получат импульс к снижению.

Изменение учетной ставки центрального банка влечет за собой изменения условий не только на денежном рынке, но и на рынке ценных бумаг, в чем проявляется косвенное воздействие данного механизма регулирования. Повышение ставок по кредитам и депозитам на денежном рынке, обусловленное ростом учетной ставки центрального банка, вызывает уменьшение спроса и рост предложения ценных бумаг. Спрос на ценные бумаги уменьшается как со стороны бизнеса и государства, потому что более привлекательными для них становятся депозиты, так и со стороны кредитных институтов вследствие того, что при дорогих кредитах выгоднее прямое финансирование.

Таким образом, рост учетной ставки центрального банка относительно уменьшает рыночную стоимость ценных бумаг. Снижение учетной ставки центрального банка, напротив, удешевляет кредиты и депозиты, что ведет к процессам, обратным рассмотренным ранее. Растет спрос на ценные бумаги, уменьшается их предложение, поднимается их рыночная стоимость.

Изменение нормы обязательных резервов – один из наиболее простых и традиционных инструментов регулирования денежной массы. Они устанавливаются в процентах к обязательствам (пассивам) коммерческих банков дифференцированно в зависимости от вида привлеченных

средств, степени «денежности» этих агрегатов, то есть их способности выполнять функции денег. Средства обязательных резервов хранятся в Центральном Банке и используются для поддержания ликвидности коммерческих банков, а в случае банкротства банков размораживаются и направляются на выполнение обязательств перед кредиторами.

Политика обязательных резервов как метод кредитного регулирования представляет собой хранение части резервов коммерческих банков в центральном банке. Сумма хранения средств на специальных счетах устанавливается в определенном процентном соотношении от величины депозитов банка. Центральный банк периодически изменяет коэффициент или норму обязательных резервов в зависимости от складывающейся ситуации и проводимой ими политики. Повышение нормы означает замораживание большей, чем раньше, части ресурсов банка и приводит к ухудшению ликвидности последних, снижению их ликвидных возможностей, а снижение нормы обязательных резервов оказывает положительное воздействие на банковскую ликвидность, расширяет кредитные возможности учреждений и увеличивает денежную массу.

Изменение нормы обязательных резервов влияет на рентабельность кредитных учреждений. Так, в случае увеличения обязательных резервов происходит как бы недополучение прибыли. Поэтому, по мнению многих западных экономистов, данный метод служит наиболее эффективным антиинфляционным средством. К прямому ограничению страхования банки прибегают к этому методу обычно в период усиления инфляции.

Суть этого метода регулирования: коммерческий банк не может превышать норму выдачи кредитов, установленную центральным банком. На практике центральный банк определяет предельные темпы роста выдачи кредитов различным банкам страны. Нередко разным банкам устанавливаются неодинаковые темпы роста выдачи кредитов. Эффективность кредитной политики при этом повышается, так как государственные органы оказывают влияние не только на объем кредитов в целом, но и на их структуру.

Политика центрального банка распространяется непосредственно на объекты его контроля - кредиты прочих банков, а не их ликвидность, как в случае использования косвенных методов регулирования. Этим также объясняется большая эффективность кредитных ограничений.

Операции на открытом рынке – официальные операции Центрального банка по купле-продаже ценных бумаг в банковской системе.

Механизм использования Центральным банком операций на открытом рынке в качестве инструмента регулирования банковской деятельности заключается в следующем. При покупке Центральным банком ценных бумаг у коммерческих банков соответствующие суммы поступают на их резервно-корреспондентские счета, т.е. увеличивается величина минимальных резервов и, следовательно, появляется возможность расширения активных, в том числе ссудных, операций с клиентурой. В случае продажи Центральным банком ценных бумаг коммерческим банкам, наоборот, сумма зарезервированных ими средств уменьшается, а в банковской системе в целом происходит сокращение кредитных ресурсов либо повышение их стоимости, что отражается на величине общей денежной массы. Таким образом, регулируя спрос и предложение на ценные бумаги, Центральный банк влияет не только на величину резервов коммерческих банков, их кредитоспособность, но и на совокупный объем денежной массы в регионе.

Операции Центрального банка на открытом рынке, в отличие от других экономических инструментов, оказывают быстрое корректирующее воздействие на уровень ликвидности коммерческих банков и динамику денежной массы.

Особенность использования Центральным банком данного инструмента состоит в том, что периодичность и масштабы проведения операций определяются по усмотрению Центрального банка исходя из желаемого прогнозируемого эффекта, что делает этот инструмент наиболее удобным, гибким и оперативным в применении.

Рассмотрим степень воздействия конкретных инструментов на структурную динамику социально-экономической системы региона (табл. 3) [13].

Из табл. 3 видно, что все представленные меры являются достаточно мощными инструментами воздействия на структурную динамику социально-экономической системы региона, они оказывают комплексное влияние на разные элементы системы.

Таблица 3  
Table 3

**Воздействие инструментов на структурную динамику  
социально-экономической системы региона  
Exposure tools for structural dynamics of socio-economic system of the region**

Инструменты воздействия на социально-экономическую систему региона		Степень воздействия на составляющие структуры социально-экономической системы региона			
Подсистема	Инструменты воздействия	Социальная структура общества	Производственная структура	Структура бюджета и бюджетной системы	Структура рынка финансовых услуг
Инструменты социальной сферы	Минимальный уровень заработной платы	V	V	v	V
Инструменты производственно-предпринимательской сферы	Средний размер заработной платы	V	V	v	V
	Денежные выплаты населению (пособия, пенсии и т.п.)	V	v	V	V
	Регулирование цен, надбавок, наценок и установление тарифов	V	V	V	v
	Налоги (системы налогообложения)	V	V	V	V
	Меры по развитию конъюнктуры рынка и стимулирование экономического роста	v	V	V	V
	Меры поддержки предпринимательства (субсидии, дотации, кредиты)	v	V	V	V
	Меры по регулированию прямых иностранных инвестиций	-	V	v	V
Инструменты финансовой сферы	Изменение учетной ставки (ставки рефинансирования)	v	v	v	V
	Изменение нормы обязательного резервирования	v	v	v	V
	Операции ЦБ РФ на открытом рынке	v	v	v	V

Условные обозначения:

V – высокая степень воздействия;

v – низкая степень воздействия.

- – очень низкая степень воздействия.

### Выводы

Можно констатировать, что проведение модернизации социально-экономической системы региона призвано не только обеспечивать ее текущую устойчивость, экономическую безопасность и развитие, но и закладывать фундамент успешного будущего существования. Условием такого успеха служат вложения в будущее, инвестиции в технико-технологический процесс и в человеческий капитал, обновление производства, постоянное наращивание стоимости бизнеса. Государство призвано способствовать такой линии поведения, используя налоговые, кредитные инструменты, льготы, гарантийно-залоговые механизмы и целый спектр других важнейших инструментов воздействия.

В целом совокупность инструментов воздействия на структурную динамику социально-экономической системы региона позволяет органам власти влиять на ход социально-экономических процессов путем создания благоприятных условий для их развития с целью получения высоких социально-экономических результатов.

### Список литературы References

1. Райзберг Б.А. 2013. Государственное управление экономическими и социальными процессами. М.: НИЦ Инфра-М: 384.  
Raizberg V.A. 2013. State management of economic and social processes. M.: SIC Infra-M: 384.
2. Зайцев Н.Л. 2013. Краткий словарь экономиста. НИЦ ИНФРА-М: 224.  
Zaitsev N.L. 2013. Concise Dictionary economist. SIC INFRA-M: 224.
3. Гегедюш Н.С., Мокеев М.М., Масленникова Е.В. 2008. Государственное и муниципальное управление. М.: Высшее образование: 192.  
Gegedyush N.S., Mokeev M.M., Maslennikov E.V. 2008. State and municipal management. M.: Higher Education: 192.
4. Словарь бизнес-терминов. Академик.ру. 2001. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/>  
Glossary of business terms. Akademik.ru. 2001. [Electronic resource]. - URL: <http://dic.academic.ru/>
5. Большой экономический словарь. Под. ред. А. Н. Азрилияна. 1997. М.: Институт новой экономики: 864.  
Great Dictionary of Economics. Under. Ed. AN Azriliyana. 1997. M.: Institute of the new economy: 864.
6. Базилевич В.Д. 2009. Экономическая теория. Политэкономика. М.: Рыбари: 872.  
Bazilevich V.D. 2009. Economic theory. Political economy. M.: Fisherfolk: 872.
7. Антонова Н.Б., Хорошко О.Б. 2009. Государственное регулирование национальной экономики. Минск: Академия при Президенте Республики Беларусь: 198.  
Antonov N.B., Khoroshko O.B. 2009. State regulation of national economic. Minsk Academy under the President of the Republic of Belarus: 198.
8. Ломовцева О.А., Сопина Н.А. 2010. Особенности регионального воспроизводственного процесса. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. Т. 15. № 13-1. - С. 5–9.  
Lomovtseva O.A., Sopina N.A. 2010. Features of regional reproduction process. Scientific statements Belgorod State University. Series: History. Political science. Economy. Computer science. T. 15. № 13-1. - P. 5–9.
9. Ломовцева О.А., Орлова А.В. 2015. Network model of the social and economic development of the region. Научный результат. Серия: Экономические исследования. Т. 1. № 2 (4). - С. 5–11.  
Lomovtseva O.A., Orlova A.V. 2015. Network model of the social and economic development of the region. Nauchny result. Series: Economic Studies. T. 1. № 2 (4). - P. 5–11.
10. Никулина Е.В. 2013. Факторный анализ функционирования системы региональных финансов. Финансы и кредит. № 19 (547). - С. 33–35.  
Nikulina E.V. 2013. Factor analysis of the functioning of the regional financial system. Finance and credit. № 19 (547). - P. 33–35.
11. Матеров И.С. 2002. Экономический рост в России: возможности ближайших лет. Вестник МГУ. Серия 6. № 1. – С. 21–36.  
Matyurov I.S. 2002. Economic growth in Russia: opportunities coming years. Vestnik MGU. Series 6. № 1. - P. 21–36.
12. Овчинникова О.П., Никулина Е.В. 2015. Развитие региональных социально-экономических систем и финансовое обеспечение регионов в современных условиях. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. № 2. - С. 32–37.  
Ovchinnikova O.P., Nikulina E.V. 2015. Development of regional socio-economic systems and financial support for regions in modern conditions. Bulletin of Voronezh State University. Series: Economics and Management. № 2. - P. 32–37.
13. Овчинникова О.П., Никулина Е.В. 2016. Направления модернизации структуры регионального социально-экономического комплекса. Финансы и кредит. № 9 (691). - С. 2–15.  
Ovchinnikova O.P., Nikulina E.V. 2016. Areas of modernizing the structure of the regional socio-economic complex. Finance and credit. № 9 (691). - P. 2–15.

# ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

УДК 332.1:334.72

## НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО И МУНИЦИПАЛЬНО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В РОССИИ

## REGULATORY AND ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC FACTORS OF DEVELOPMENT OF PUBLIC-PRIVATE AND PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN RUSSIA

**О.А. Ломовцева, О.А. Герасименко**  
**O.A. Lomovtseva, O.A. Gerasimenko**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85*

*Belgorod National Research University, 85 Pobeda st., Belgorod, 308015, Russia*

*E-mail: [lomovtseva@bsu.edu.ru](mailto:lomovtseva@bsu.edu.ru), [gerasimenko@bsu.edu.ru](mailto:gerasimenko@bsu.edu.ru)*

*Аннотация.* В статье рассматриваются вопросы, актуальные проблемы Российской Федерации, связанные с состоянием дел и изменениями в нормативном и организационном оформлении государственно-частного и муниципально-частного партнерства. Эти изменения позволяют уточнить сущность, условия реализации и перечень потенциальных объектов публично-частного партнерства. Приведена сравнительная характеристика процессов рассмотрения проектов с государственным и муниципальным участием, порядок оценки эффективности, основные ее критерии.

*Resume.* The article deals with the topical problems of the Russian Federation related to the state of affairs and changes in the regulatory and organizational design of public-private and public-private partnerships. These changes make it possible to clarify the nature of the conditions of implementation and a list of potential objects of public-private partnerships. The comparative characteristic of review processes, projects with state and local participation, the procedure for assessing the effectiveness, its main criteria.

*Ключевые слова:* государственно-частное партнерство, муниципально-частное партнерство, регион, публичная инфраструктура, объекты ГЧП/МЧП, критерии эффективности проектов.

*Keywords:* public-private partnership, municipal-private partnership, region, public infrastructure, objects public-private partnership/municipal-private partnership, the criteria for efficiency projects.

### Введение

Конструктивное взаимодействие бизнеса и структур государственной власти является неотъемлемым условием устойчивого функционирования рыночной экономики. Характер этого взаимодействия, методы и конкретные формы могут существенно различаться в зависимости от целей развития страны на конкретном этапе, а также национальных моделей и зрелости рыночных отношений. При этом государство неизменно несет ответственность за выполнение публичных функций, связанных с общенациональными интересами, безопасностью, качеством жизни, конкурентоспособностью страны, однако привлекает для их реализации как ресурсы бюджетов различных уровней, так и частный капитал бизнеса в форме государственно-частных (ГЧП) или муниципально-частных партнерств (МЧП). Наиболее востребованными такие партнерства являются при инвестировании в создание объектов общественной инфраструктуры по следующим обстоятельствам:

- доходы бюджета несопоставимы с потребностями в финансировании развития общественной инфраструктуры;
- способность бюджета осуществлять заимствования (предоставлять гарантии) для финансирования развития общественной инфраструктуры ограничена по сроку и объему;
- способность бюджета осуществлять целевое финансирование развития общественной инфраструктуры, обеспечивающей экономический рост, ограничена принципами формирования и использования бюджета;
- способность банков и институтов развития финансировать такие проекты ограничена, в том числе использованием инструмента государственных гарантий;
- превращение бюджетных средств в инвестиционные ресурсы сопряжена с определенными трудностями, разрешению которых способствует переход к программному бюджету, методологии проектного управления и управления по результатам, а также к проектному финансированию за счет внебюджетных источников;
- многоступенчатый контроль за расходованием средств способствует повышению эффективности использования кредитных ресурсов и инвестиций.

### Результаты исследований

В настоящее время в Российской Федерации на разных стадиях разработки и реализации находятся 1283 проекта ГЧП, среди которых преобладающее число – концессионные соглашения (рис. 1). В течение 2014–2015 годов общее количество проектов ГЧП увеличилось более чем в 10 раз, что в первую очередь объясняется развитием законодательства о ГЧП и заинтересованностью публичных партнеров в применении данного механизма для развития и модернизации инфраструктуры.

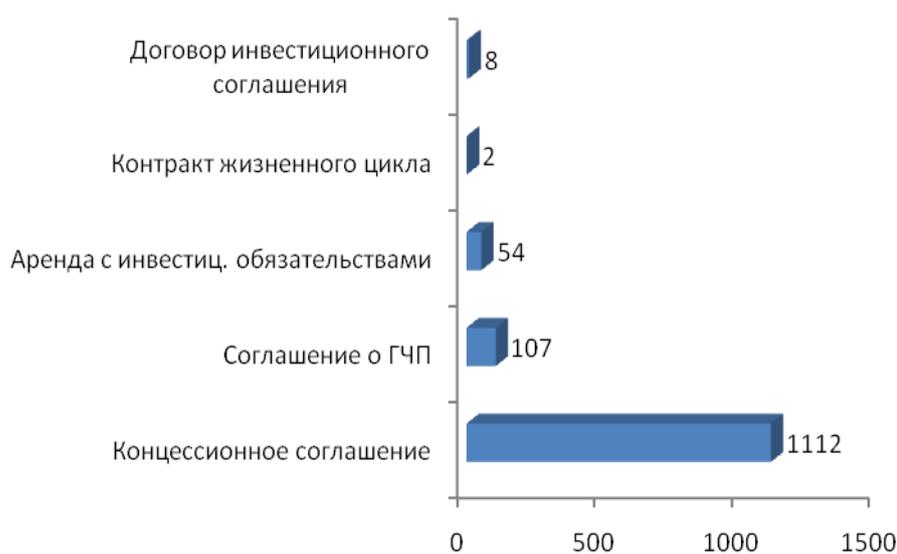


Рис. 1. Количество проектов ГЧП в разрезе по формам реализации  
 Fig.1. The number of public-private partnership projects in the section on forms of implementation

Большинство проектов, которые находятся сейчас на стадии запуска, – ГЧП в коммунальной сфере (рис. 3) [1]. По-прежнему проектов ГЧП федерального и регионального уровней не так много, и они преимущественно находятся на прединвестиционной стадии (подготовка проекта, конкурс) (рис. 2).

Объектами концессионного соглашения в первую очередь являются социально значимые объекты, которые не могут быть приватизированы, такие как аэродромы, железные дороги, объекты ЖКХ и другие инфраструктурные сооружения, а также системы общественного транспорта, объекты здравоохранения, образования, культуры и спорта. Концессия – это форма государственно-частного партнерства, направленная на развитие социальной значимой инфраструктуры или осуществление видов деятельности (объект концессии), при которой частный сектор (концессионер) развивает объект концессии и получает доходы от его/ее эксплуатации/осуществления, а государственный сектор (концедент) сохраняет права собственности и контроля над объектом концессии.

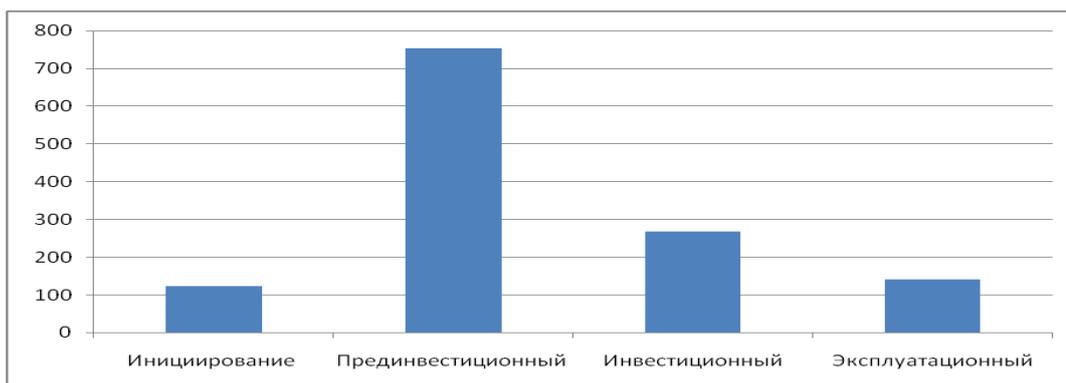


Рис. 2. Количество проектов ГЧП в разрезе по этапам реализации  
Fig.2. Number of public-private partnership projects in the context of the stages of implementation

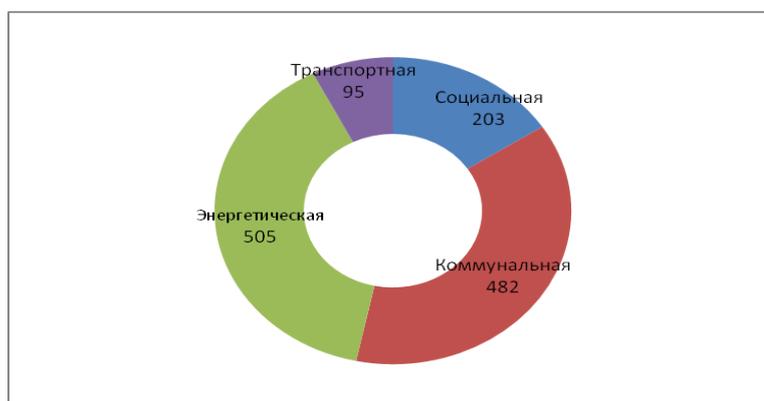


Рис. 3. Количество проектов ГЧП по укрупненным сферам реализации  
Fig.3. Number of public-private partnership projects in the integrated areas of implementation

Приведем данные о количестве проектов ГЧП в 2014–2015 гг. в разрезе по отраслям [1]:

- объекты по производству, передаче и распределению тепловой и электрической энергии – 473;
- централизованные системы горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения– 434;
- автомобильные дороги, а также объекты дорожной инфраструктуры и сервиса – 71;
- объекты здравоохранения – 63;
- объекты социального обслуживания населения – 46;
- объекты переработки и утилизации (захоронения) бытовых отходов – 40;
- объекты образования – 36;
- объекты тепло-, газо- и энергоснабжения – 32;
- объекты физической культуры и спорта – 26;
- объекты отдыха и туризма – 17;
- системы фото- и видеофиксации – 16;
- объекты культуры – 9;
- объекты благоустройства – 8;
- аэродромы, авиационная инфраструктура, объекты производственной и инженерной инфраструктуры аэропортов – 6;
- объекты культурного наследия – 6;
- метрополитен и другой транспорт общего пользования – 1;
- морские и речные порты и сопряженная с ними инженерная инфраструктура – 1.

С 1 января 2016 года вступил в силу федеральный закон от 13 июля 2015 года № 224-ФЗ «О государственном-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Принятие закона о ГЧП вместе с усовершенствованным концессионным законодательством создает эффективный инструментальный привлечения частного сектора к развитию публичной инфраструктуры. Предусмотренная законом о ГЧП новелла – возможность возникновения частной собственности на публичную инфраструктуру – позволяет использовать новые, эффективные и сбалансиро-

рованные модели ГЧП в российской правоприменительной практике, учитывающие, с одной стороны, государственный интерес, с другой – потребность бизнеса в различных механизмах государственной поддержки. В целях обеспечения практической реализации закона о ГЧП введено регламентирование процессов инициирования, разработки, оценки, принятия решения о реализации, определения частного партнера для реализации проекта государственно-частного партнерства, проекта муниципально-частного партнерства. Определен перечень публичной инфраструктуры, которая может являться объектом соглашения о партнерстве. Данный перечень охватывает практически все отрасли: от социальной, коммунальной и транспортной инфраструктуры до энергетики и мелиоративных систем (объекты, в отношении которых возможно заключение концессионных соглашений и соглашений о ГЧП, приведены в табл. 1). При этом предусмотрены возможности инициатив частных инвесторов по созданию объектов, не дожидаясь предложений со стороны публичного партнера [2].

Таблица 1  
Table 1

**Перечень публичной инфраструктуры - потенциальных объектов ГЧП**  
**The list of public infrastructure - the potential objects public-private partnership**

Объекты, в отношении которых возможно заключение концессионных соглашений (115-ФЗ)	Объекты, в отношении которых возможно заключение соглашений о ГЧП (224-ФЗ)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• объекты централизованных систем водоснабжения, водоотведения</li> <li>• объекты очистки сточных вод</li> <li>• объекты по производству, передаче и распределению тепловой энергии</li> <li>• объекты тепло-, газо-, электроснабжения</li> <li>• федеральные, региональные и местные автомобильные дороги или участки автомобильных дорог, элементы их обустройства и объекты дорожного сервиса</li> <li>• мосты, путепроводы, тоннели</li> <li>• метрополитен</li> <li>• объекты единой системы организации воздушного движения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• воздушные суда</li> <li>• частные автомобильные дороги или участки частных автомобильных дорог, мосты, защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, элементы их обустройства и объекты дорожного сервиса</li> <li>• стационарные и плавучие платформы, искусственные острова</li> <li>• подводные и подземные технические сооружения, переходы</li> <li>• линии и иные линейные объекты связи и коммуникации</li> <li>• мелиоративные системы</li> </ul>

Законом о ГЧП предусмотрена возможность финансирования проектов из бюджетных источников. Более того, законодателем гарантирована неизменность правил игры на весь период действия соглашения и пересмотр условий соглашения только в случае изменения макроэкономических условий и законодательства, напрямую затрагивающих проект (налоги, льготы и т. д.). Таким образом, федеральный закон призван стать не просто рамочным документом, определяющим понятийную базу и общие правила, а инструментом решения инфраструктурных проблем России и, в первую очередь, ее регионов.

В соответствии с федеральным законом, форма ГЧП или МЧП определяется в соглашении и предусматривает обязательные элементы:

- создание (строительство и/или реконструкция) объекта соглашения частным партнером;
- осуществление частным партнером полного или частичного финансирования создания объекта соглашения;
- осуществление частным партнером эксплуатации и/или технического обслуживания объекта соглашения;
- возникновение у частного партнера права собственности на объект соглашения при условии обременения объекта соглашения.

По договоренности сторон соглашение может включать в себя и следующие необязательные элементы:

- проектирование частным партнером объекта соглашения;
- осуществление частным партнером полного или частичного финансирования эксплуатации и/или технического обслуживания объекта соглашения;
- обеспечение публичным партнером частичного финансирования создания объекта соглашения, а также финансирование его эксплуатации и/или технического обслуживания;
- наличие у частного партнера обязательства по последующей передаче объекта соглашения в собственность публичного партнера.

Последний из приведенных выше элементов является обязательным, если совокупные затраты публичного партнера на создание объекта будут выше, чем затраты частного партнера [4].

В рамках одного соглашения о ГЧП или МЧП возможно объединение различных видов объектов из закрытого перечня, приведенного в законе о ГЧП (см. табл. 1). В случае реконструкции предусмотрено, что объект соглашения должен находиться в собственности публичного партнера на момент заключения соглашения о ГЧП/МЧП, при этом на момент его передачи он должен быть свободным от прав третьих лиц, в том числе от прав хозяйственного ведения и оперативного управления [5].

Сторонами соглашения о ГЧП/МЧП являются публичный партнер и частный партнер. Частный партнер – российское юридическое лицо, с которым заключено соглашение о ГЧП/МЧП. В целях предотвращения случаев реализации проектов «государственно-государственного партнерства» частными партнерами не могут быть:

- ГУПы и МУПы;
- государственные и муниципальные учреждения;
- публично-правовые компании и иные юридические лица, хозяйственные товарищества и общества, хозяйственные партнерства, созданные или находящиеся под контролем Российской Федерации, субъекта Российской Федерации или муниципального образования, их дочерние хозяйственные общества;
- некоммерческие организации в форме фондов, созданные вышеперечисленными лицами, Российской Федерацией, субъектами Российской Федерации или муниципальными образованиями.

В законе также установлены требования к частному партнеру (ч. 8, ст. 5). Публичный партнер – Российская Федерация, субъект Российской Федерации или муниципальное образование. От лица публичного партнера может выступать правительство Российской Федерации, федеральный орган исполнительной власти, высший исполнительный орган государственной власти субъекта Российской Федерации, орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации, глава муниципального образования или иной уполномоченный орган местного самоуправления.

Публичный партнер может передать отдельные права и обязанности органам и юридическим лицам. Возможно, привлекать к реализации проекта третьих лиц по согласованию с публичным партнером на этапе заключения соглашения.

Федеральным законом предусматривается обязательное определение уполномоченных органов Российской Федерации, субъектов Российской Федерации и муниципальных образований, дан открытый перечень их полномочий, который может быть расширен федеральными и региональными законами, нормативными правовыми актами правительства Российской Федерации, субъекта Российской Федерации, муниципальными правовыми актами [3]. Ключевые полномочия данных органов:

- проведение оценки эффективности проектов ГЧП/МЧП (за исключением уполномоченных органов местного самоуправления);
- согласование публичным партнером конкурсной документации для проведения конкурса на право заключения соглашения о ГЧП/МЧП;
- обеспечение межведомственной координации деятельности при реализации соглашений о ГЧП/МЧП;
- осуществление мониторинга реализации соглашений о ГЧП/МЧП;
- ведение реестра заключенных соглашений о ГЧП/МЧП.

Данная норма направлена, в первую очередь, на формирование эффективности системы управления сферой ГЧП и на накопление соответствующих компетенций в органах власти. Стоит отметить, что оценку эффективности проектов МЧП проводит региональный уполномоченный орган. Высший орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации вправе направить проект ГЧП в федеральный уполномоченный орган (Министерство экономического развития Российской Федерации) для проведения оценки эффективности и обоснования его сравнительного преимущества [6].

Рассмотрение проекта ГЧП/МЧП включает в себя три этапа:

- рассмотрение предложения о реализации проекта публичным партнером; данный этап является актуальным в случае инициации проекта частным партнером;
- рассмотрение предложения о реализации проекта ГЧП/МЧП уполномоченным органом в целях оценки эффективности проекта и определения его сравнительного преимущества;
- принятие решения о реализации проекта ГЧП/МЧП.

Схема рассмотрения проекта ГЧП приведена на рис. 4.

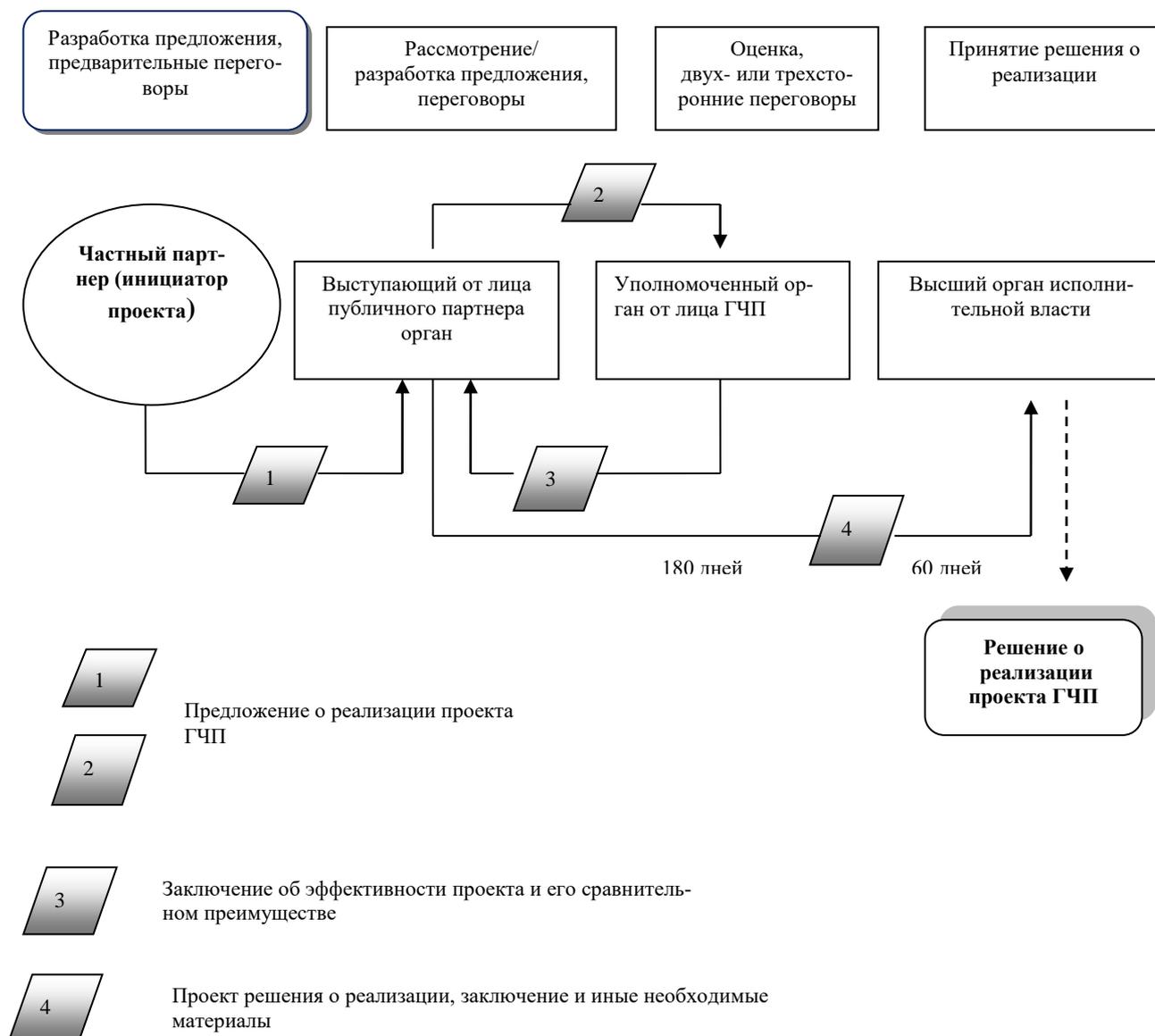


Рис. 4. Порядок рассмотрения проекта ГЧП  
 Fig. 4. The procedure for consideration of the draft public-private partnership

Схема рассмотрения проекта МЧП приведена на рис. 5.

Оценка эффективности проекта ГЧП/МЧП проводится уполномоченным органом на основании следующих критериев:

- финансовая эффективность;
- социально-экономический эффект от реализации проекта ГЧП/МЧП, рассчитанный с учетом целей и задач, определенных в документах стратегического планирования.

Обязательная оценка эффективности и обоснование сравнительного преимущества направлены, в первую очередь, на выбор оптимальной формы реализации инфраструктурного проекта (ГЧП или госзаказ) и повышение эффективности расходования бюджетных средств [7, 8].

Суммарный вес при определении значимости критериев конкурса должен равняться единице, при этом максимально возможные значения определены следующим образом:

- технические критерии  $\leq 0,5$ ;
- финансово-экономические критерии  $\leq 0,8$ ;
- юридические критерии  $\leq 0,5$ .

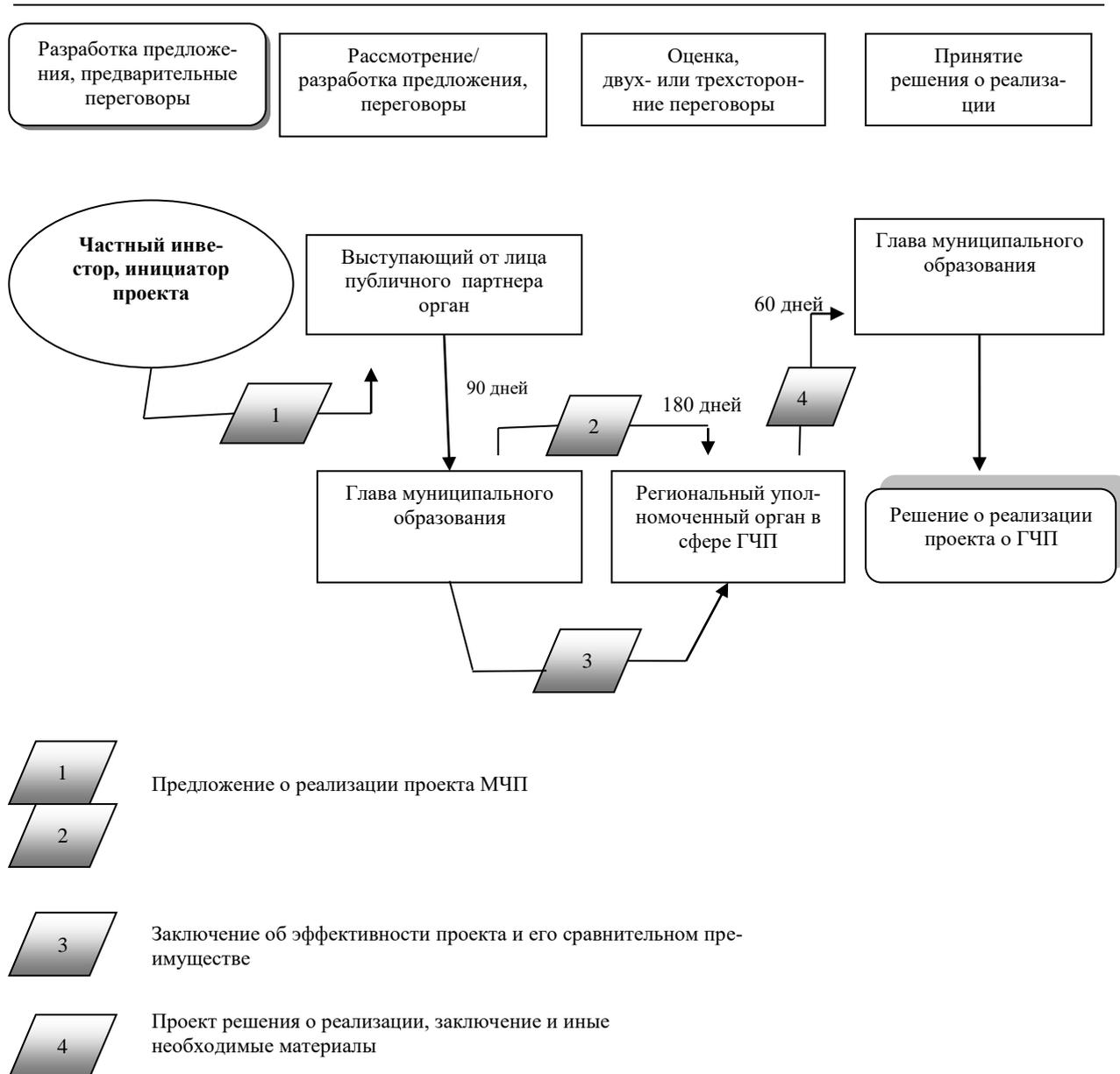


Рис. 5. Порядок рассмотрения проекта МЧП  
Fig. 5. The procedure for consideration of the draft municipal-private partnership municipal-private partnership

Данное положение федерального закона позволяет более гибко определять победителя конкурса в случае создания нового объекта, поскольку возрастает значимость технического критерия (архитектурно-планировочные решения и т. д.). В концессионном законодательстве, например, вес технического критерия ограничен (0,2), что вызывает серьезные споры у участников рынка.

Субъект Российской Федерации или муниципальное образование может в рамках своих компетенций предоставить налоговые льготы как всем концессионерам и частным партнерам, так и реализующим проекты в определенных, наиболее приоритетных отраслях инфраструктуры.

Льготы могут быть предоставлены по следующим видам налогов:

- по налогу на имущество на период действия концессионного/ГЧП- соглашения, создаваемого по такому концессионному/ГЧП-соглашению;
- по налогу на прибыль концессионера/частного партнера при вводе объекта в эксплуатацию в рамках ставки, подлежащей зачислению в бюджет субъекта;
- по транспортному налогу.

Наиболее распространенной региональной практикой налогового стимулирования частных партнеров/концессионеров является предоставление нулевой процентной ставки по налогу на имущество на период действия соглашения, создаваемого по такому соглашению.

К неналоговым мерам стимулирования, например, можно отнести:

- льготное или безвозмездное подключение к коммунальным сетям;
- субсидирование процентной ставки по займам;
- методическое и организационное содействие при инициировании, разработке и реализации проектов (помощь в составлении заявки и структурировании проекта, помощь в поиске финансирования и пр.);
- использование иных мер поддержки.

Допускается возможность двум и более публичным партнерам провести единый совместный конкурс для выбора одного инвестора. При этом по итогам конкурса каждым публичным партнером заключается отдельное соглашение о ГЧП, МЧП с победителем конкурса. Таким образом, законодателем декларируется принцип «единства конкурсов и множественности соглашений» и устраняется неопределенность о количестве заключаемых соглашений, которая в настоящее время имеет место в концессионном законодательстве.

### Выводы

Исходя из требований закона о ГЧП, целесообразно реализовать следующие направления формирования условий эффективной реализации проектов ГЧП/МЧП на региональном и муниципальном уровне:

- нормативно-правовое обеспечение взаимодействия органов власти при реализации проектов ГЧП/МЧП (привести в соответствие с законом о ГЧП нормативно-правовую базу субъекта РФ/муниципального образования; принять нормативно-правовые акты, регламентирующие межведомственное взаимодействие органов власти на различных этапах рассмотрения и реализации проектов ГЧП; принять нормативно-правовые акты, необходимые для обеспечения эффективного бюджетного участия в проектах ГЧП, МЧП);
- планирование развития инфраструктуры и учет механизмов ГЧП в документах целеполагания (реализовать комплекс мер, направленный на учет механизмов ГЧП в документах целеполагания; реализовать комплекс мер, направленный на организацию системы учета механизмов ГЧП при разработке и реализации государственных и муниципальных программ);
- организация системы государственного управления проектами ГЧП, МЧП, в том числе концессионными (определить уполномоченный орган в сфере ГЧП, МЧП; создать межведомственный совещательно-консультативный орган при высшем исполнительном органе власти; создать структуру (отдельное юридическое лицо), непосредственно осуществляющую организацию процесса подготовки и сопровождения проектов ГЧП);
- стимулирование инвесторов к реализации инфраструктурных проектов на принципах ГЧП (разработка и предоставление налоговых льгот концессионерам и частным партнерам; использовать неналоговые меры стимулирования и поддержки частных партнеров/концессионеров; запуск специализированного информационного ресурса в сфере ГЧП (запуск отдельного раздела на инвестиционном портале) и обеспечение максимальной открытости информации о потребностях в инфраструктуре и планах по реализации проектов ГЧП).

### Список литературы References

1. Закон о государственно-частном партнерстве: руководство по применению [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/2649de34-1486-40a3-a757-f466e79dab86/Закон+о+государственно-частном+партнерстве.+Руководство+по+применению.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=2649de34-1486-40a3-a757-f466e79dab86>
  2. Ломовцева О.А., Герасименко О.А. 2015. Приоритеты и механизмы ГЧП в формировании инновационного промышленного комплекса региона. Научные ведомости БелГУ. № 13 (210). Вып. 35/1. - С. 5–9.
  3. Тхориков В.А. 2012. Методология индикативного управления. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. № 10. - С. 154–157.
- Tkhorikov V.A. Methodology indicative management. 2012. Actual problems of the humanities and natural sciences. № 10.- P.154–157.

4. О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 13 июля 2015 г. N 224-ФЗ.

On public-private partnership, municipal-private partnership in the Russian Federation and the Introduction of Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation: Federal'nyj zakon RF ot 13 July 2015 g. N 224-FZ.

5. О концессионных соглашениях: Федеральный закон Российской Федерации от 21 июля 2005 г. № 115-ФЗ.

On Concession Agreements: Federal'nyj zakon RF ot 21 July 2005 N 115-FZ.

6. Восколович Н.А. 2013. Проблемы эффективности деятельности органов местного самоуправления. Муниципалитет: экономика и управление. № 1 (4). - С. 36–38.

Voskolovich N.A. 2013. Problems of efficiency of activity of local governments. Municipality: Economics and Management. № 11 (4). - P. 36–38.

7. Молчанов И.Н., Дмитриева Е.А. 2013. Государственно-частное партнерство и его роль в реализации государственной политики в сфере высшего профессионального образования. Credo new. № 3. - С. 30.

Molchanov I.N. Dmitrieva E.A. 2013. Public-private partnerships and its role in the implementation of the state policy in the sphere of higher education. Credo new. № 3. - P. 30.

8. Ломовцева О.А., Герасименко О.А., Кузьмина Л.Р. 2015. Возможности и проблемы реализации проектов с государственным и муниципальным участием. Вестник Волжского института экономики, педагогики и права. № 1. - С. 142–150.

Lomovceva O.A., Gerasimenko O.A., Kuzmina L.R. 2015. Opportunities and challenges of projects with state and municipal participation. Bulletin of the Institute of Economics of the Volga, pedagogy and law. № 1. - P. 142–150.



УДК 338

**РАЗВИТИЕ ПРИАЗОВСКОЙ КУРОРТНО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ  
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ****THE DEVELOPMENT OF THE PRIAZOVSKAYA RECREATIONAL ZONE OF  
KRASNODAR REGION****Е.В. Фоменко, В.В. Антошкина, Л.Л. Оганесян  
E.V. Fomenko, V.V. Antoshkina, L.L. Oganesyian**

*Кубанский социально-экономический институт, Россия, 350075, г. Краснодар, ул. Камвольная 3  
Кубанский государственный университет, Россия, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская 149  
Южный институт менеджмента, Россия, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская 216*

*Kuban Social and Economic Institute, 3 Kamvolnaya st., Krasnodar, 350075, Russia  
Kuban State University, 149 Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia  
Southern Institute of Management, 216 Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia*

*E-mail: aelena\_@rambler.ru, viktoraa\_@mail.ru, oganesyan\_levon@mail.ru*

*Аннотация.* Курортно-рекреационная сфера Краснодарского края является одной из ключевых в экономике региона. Данный факт побуждает постоянно отслеживать развитие курортно-рекреационной сферы и принимать меры по решению возникающих трудностей. Приазовская рекреационная зона Краснодарского края характеризуется: территориальной близостью курортов края к месту постоянного проживания туристов и приемлемой стоимостью отдыха; как высокой, так и низкой оценкой отдыха туристами; высокой оценкой инфраструктуры и соответствующих услуг; привлекательностью для туристов из всех регионов России. Перспективными направлениями развития курортно-рекреационной сферы Приазовской рекреационной зоны Краснодарского края являются: активизация работы по повышению качества предоставляемых услуг; позиционирование курортных районов на планомерной и управляемой основе; усиление продвижения услуг осенне-зимнего сезона, малоизвестных потребителям (новогодние туры и туры выходного дня); мониторинг цен на курортах края и разработка оптимальных ценовых стратегий; сохранение игровой зоны «Азов-сити» в Щербиновском районе Краснодарского края.

*Resume.* Resort and recreational sphere of Krasnodar region is one of the key to the region's economy. This fact encourages to constantly monitor the development of resort and recreational areas and take action to respond to emerging challenges. Priazovskaya recreational zone of Krasnodar region is characterized by: the territorial proximity to the edge of the resort place of permanent residence of tourists and acceptable cost of holiday; both high and low guest rating of rest; appreciation of the infrastructure and related services; attraction for tourists from all regions of Russia. Perspective directions of development of resort and recreational sphere of Priazovskaya recreational zone of Krasnodar region are: intensification of work on improving the quality of services provided; the positioning of the resort area on a sustained and controlled manner; strengthening the promotion of services autumn-winter season, the little-known customers (Christmas tours and weekend tours); monitoring of prices in the resorts of the region and the development of optimal pricing strategies; preservation of a gambling zone «Azov-City» in Scherbinovskiy area of Krasnodar region.

*Ключевые слова:* развитие региона, курортно-рекреационная сфера, территориально-рекреационный комплекс, рекреационная деятельность, рекреационные районы.

*Keywords:* regional development, resort and recreational sphere, territorial and recreational complex, recreational activities, recreational areas.

**Цель и задачи исследования**

Развитие курортно-рекреационной сферы рекреационных зон Краснодарского края является одним из ключевых направлений социально-экономического развития региона в целом. Данный факт побуждает администрации курортных территорий, предприятий постоянно отслеживать развитие курортно-рекреационной сферы, чтобы своевременно принимать меры по разрешению возникающих трудностей, недочетов и повышать качество услуг. Качество отдыха является важнейшим фактором, определяющим соответствие позиционируемого предприятиями территориально-рекреационного комплекса и получаемого рекреантами набора услуг с определенными параметрами (удовлетворяемого определенным критериям). Именно качество отдыха служит в бу-

дущем той «лакмусовой бумажкой», которая позволит сделать выбор туристу между различными туристскими дестинациями.

Как правило, исследования проводят высшие учебные заведения Краснодарского края, имеющие опыт проведения такого рода работ. Так, в 2014 г. в рамках выполнения государственного контракта Министерства курортов и туризма Краснодарского края сотрудниками, аспирантами и студентами Кубанского государственного университета был проведен опрос туристов, отдыхающих на территории Краснодарского края, по изучению их мнения о качестве отдыха и услуг индустрии гостеприимства Краснодарского края. Для исследования была выбрана Приазовская рекреационная зона, которая включает пять муниципальных образований: город Ейск и Ейский район, Приморско-Ахтарский район, Щербиновский, Славянский и Темрюкский районы. Общая площадь территории составляет 4076,8 км<sup>2</sup>. Данную зону можно рассматривать как перспективную рекреационную территорию лечебно-оздоровительного направления. Отличительной особенностью зоны является отсутствие курортов общероссийского значения, что придает отдыху на азовском побережье местное значение.

Целью исследования – разработка рекомендаций по развитию курортно-рекреационной сферы Краснодарского края в общем и Приазовской рекреационной зоны в частности.

Достижение цели исследования потребовало изучение оценки туристами различных составляющих их отдыха для определения удовлетворенности организацией отдыха на курортах Краснодарского края в 2014 году, а также составление портрета туриста.

Методом исследования являлся анкетный опрос. В качестве инструментария была разработана анкета, включающая 40 вопросов.

В каждом муниципальном образовании, в котором проводился опрос туристов (табл. 1), были выбраны населенные пункты с наибольшей концентрацией туристов – районный центр и один или несколько крупных курортных поселков. Респонденты для опроса выбирались случайным образом. Опрос проводился на пляжах, авто- и железнодорожных вокзалах, на территории средств размещения (гостиницы, специализированные средства размещения, турбазы). Для определения объема выборки были использованы данные территориального органа Федеральной Службы государственной статистики по Краснодарскому краю [1, с. 55].

Таблица 1  
Table 1

**Распределение численности респондентов по муниципальным образованиям**  
**Distribution of the number of respondents by municipality**

Муниципальное образование	Численность лиц, обслуженных коллективными средствами размещения по МО края в 2014 г.	Количество респондентов
Ейский район	150	450
Темрюкский район	100	300
Приморско-Ахтарский район	100	250

Формирование базы данных и обработка полученных сведений проводились программными средствами *MSSOffice, SPSS*.

На этапе обработки полученных материалов были также сформулированы выводы и рекомендации по развитию курортно-рекреационной сферы Краснодарского края в общем и Приазовской рекреационной зоны в частности.

**Общая характеристика района исследования**

Приазовский лиманно-приморский рекреационный район – это равнинный бальнеологический, грязевой и климатический курорт степной зоны. Физико-географические ресурсы района способствуют развитию мощной курортной отрасли на его территории. Среднегодовая температура воздуха +10 – +11°С, средняя температура июля +25 – +30°С, средняя температура января от –1 до –2°С, относительная влажность воздуха 76–79%, осадков 500–600 мм/год, продолжительность солнечного сияния 2100–2400 ч/год [1, с. 35–36].

Санаторно-курортная база района развита на основе термальных и холодных минеральных вод с высокими бальнеологическими свойствами (хлоридные натриевые воды и йодо-бромные), а также озерных, лиманных лечебных грязей [2, с. 256–257]. Флористические и фаунистические рекреационные ресурсы района несут на себе отпечаток зональности. Возвышенная часть территории занята многолетними насаждениями (садами, парками, виноградниками, лесопосадками, питомниками) и сельскохозяйственными культурами. К ценным природным ресурсам района отно-

сят ракушечные пляжи Азовского моря с многочисленными лиманами, обилием гирл, ериков, песчаных кос, речных протоков, мысов, а также грязевые вулканы Таманского полуострова. На территории района действует ряд заказников: Ясенский, основанный в 1966 г. для сохранения степной фауны; Приазовский республиканского значения в Славянском районе (1958 г.) и Таманский (1967 г.) для охраны водоплавающих птиц [2, С. 312–313].

По официальным данным краевой дирекции по особо охраняемым природным территориям (ООПТ), в Приазовском рекреационном районе насчитывается 15 памятников природы. По данным комитета по охране, реставрации и эксплуатации историко-культурных ценностей, в 2012 г. в данном рекреационном районе насчитывалось 1170 историко-культурных памятников (13,5% от общекраевого показателя), из них 17 являются федеральными [3, с. 250]. Рекреационные ресурсы позволяют развивать санаторно-курортное лечение, пляжный отдых, экологический, экскурсионный, археологический туризм, охотничьи и рыболовные туры.

Положение рекреационных районов зоны можно определить как «резервное» для обеспечения организации отдыха не только близлежащих к нему промышленных районов, но и ряда внутренних территорий европейской территории России. Освоение этого резерва требует больших затрат. Расширение рекреационной сети возможно только при проведении инженерно-технических мероприятий по: борьбе с абразионно-обвальными оползневными процессами, которые ухудшают качество и сокращают площади пляжей, развитию материально-технической инфраструктуры.

На сегодняшний день побережье является основным местом кратковременного отдыха населения Краснодарского края и жителей Ставропольского края и Ростовской области. Сложилось только два грязевых и приморско-климатических курорта: Ейск и Темрюк. Они объединяют санатории круглогодичного функционирования, пансионаты и дома отдыха и общекурортные учреждения (грязелечебницы, ваннные здания). По уровню развития курортно-рекреационного потенциала город Ейск, Ейский и Темрюкский районы значительно уступают черноморским курортам, но превосходят горно-предгорные муниципалитеты.

Это не мешает принимать отдыхающих, количество которых ненамного ниже, чем в муниципалитетах черноморского побережья (сопоставимо с МО г. Новороссийск). Так, в 2014 г. численность туристов в Ейском районе составила порядка 750 тыс. чел., в Темрюкском районе – около 1,5 млн чел., в Приморско-Ахтарском – 160 тыс. чел. В последние годы серьезное внимание уделяется развитию культурно-досуговой инфраструктуры, прорабатывается курортно-инвестиционный потенциал курорта, инфраструктурные проекты.

Более комфортабельна и развита материально-техническая база города Ейск, но количество средств размещения и мест в них ниже, чем в Темрюкском районе. Инвестиционный потенциал туристско-рекреационного комплекса Ейского района уступает Темрюкскому району, особенно изменившемуся после присоединения Крыма.

Темрюкский, Приморско-Ахтарский и Ейский районы относятся к депрессивной группе районов по уровню социально-экономического развития. По оценкам администрации края город Ейск и Ейский район относится к группе муниципальных образований со значением ниже среднекраевого уровня развития промышленности. Причина кроется в сельскохозяйственной специализации района, а также в наличии небольших предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, которые обеспечивают потребности местного населения. Здесь развиты также промышленность строительных материалов, мукомольно-крупяная и комбикормовая, машиностроение и металлообработка (Ейский район), легкая промышленность, электроэнергетика [3, с. 460].

Экономической ситуации муниципальных образований полностью соответствует социальная инфраструктура. Уровень ее развития замыкает рейтинг районов края по показателям уровня безработицы, соотношению денежных доходов и прожиточного минимума, уровню развития потребительского рынка, обеспеченности врачами и средним медицинским персоналом.

Неблагоприятная экологическая обстановка сложилась в городе Ейске. Показатели загрязнения атмосферы, объем загрязненных сточных вод и масса размещенных токсических отходов намного превышают норму. По количеству предприятий – источников потенциальной экологической опасности город Ейск занимает второе место после Краснодара. Лидером по объему загрязненных сточных вод является Славянский район в силу рисоводческой специализации.

Все муниципальные образования Приазовской рекреационной зоны хорошо обеспечены природно-рекреационными и культурно-историческими ресурсами, что обусловлено благоприятными климатическими условиями, богатым культурно-историческим потенциалом, значительными запасами лечебной грязи и минеральной воды.

Роль рекреационной деятельности в хозяйственном развитии районов Приазовской зоны будет увеличиваться, но только в отдельных муниципальных образованиях рекреация будет участвовать в специализации территориально-хозяйственных комплексов (Ейский, Темрюкский, Шербиновский районы).

### Мнение туристов об организации отдыха на курортах Приазовской зоны в 2013 году

Основной целью посещения Азовского побережья Краснодарского края туристами стал отдых на море: в Ейском районе данный показатель соответствует 63%, Темрюкском – 78%, Приморско-Ахтарском – 79,4% от общего числа респондентов (рис. 1).

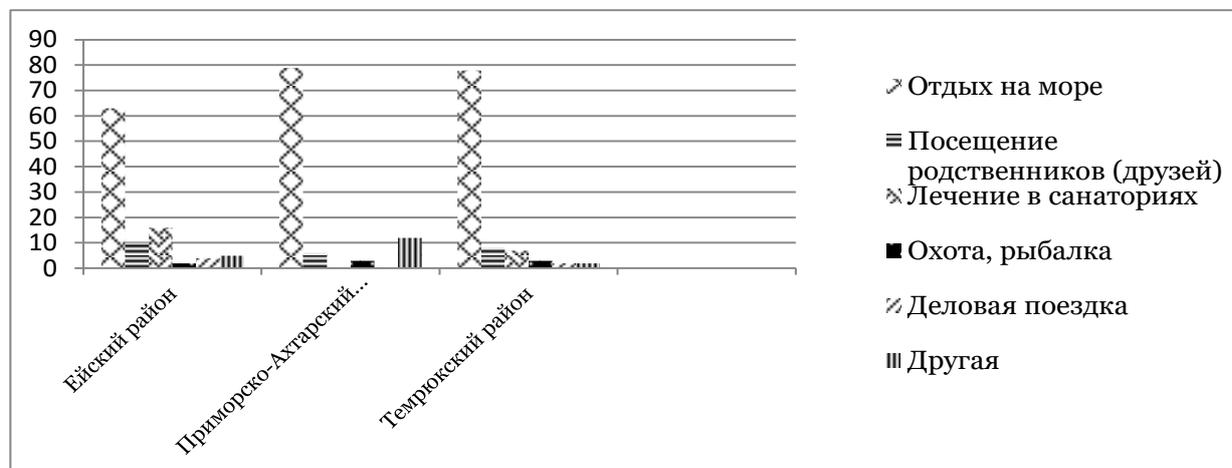


Рис. 1. Цели посещения Приазовской рекреационной зоны  
Fig. 1. Purpose of the visit Azov recreation area

Среди опрошенных туристов основными критериями выбора Приазовской рекреационной зоны для отдыха стали: близость от дома (например, Приморско-Ахтарский район – 22, Темрюкский – 15%), красивая природа (Темрюкский – 22, Приморско-Ахтарский – 20, Ейский – 16%) и приемлемая стоимость отдыха.

Респондентами были высоко оценены основные составляющие отдыха в исследуемой рекреационной зоне (оценка проводилась по пятибалльной системе).

В связи с тем, что отдых на море является основной причиной посещения района туристами, следует более подробно остановиться на оценке качества отдыха на море. Общая оценка складывалась из следующих показателей: чистота моря и пляжа, свобода размещения на пляже, качество и разнообразие услуг на пляже, приемлемость цен на услуги, удобство прохода к пляжу и ряд других показателей. Наиболее низкую оценку получили пляжи Приморско-Ахтарского района (рис. 2) – ни один из респондентов не поставил 5 баллов.

Таблица 2  
Table 2

#### Оценка в баллах качества основных составляющих отдыха в 2014 г. The Score assigned to the quality of the main components of the recreation in 2014.

Основные составляющие отдыха	Ейский район	Приморско-Ахтарский район	Темрюкский район
Условия отдыха с детьми	3,5	3,3	4,2
Питание в средствах размещения	4,3	4,6	4,6
Питание в предприятиях общественного питания	4,2	4,5	4,5
Средства размещения	4,0	4,5	4,3
Отдых на пляжах и море	4,3	3,4	4,5
Лечебно-оздоровительные услуги	4,0	–	4,3
Работа общественного транспорта	4,1	4,0	4,0
Качество автодорог	3,8	3,8	4,7
Активный отдых	4,3	3,8	4,6
Экскурсии	3,9	4,6	4,7
Развлекательные мероприятия	3,9	4,0	4,7
Качество инфраструктуры	4,1	3,8	4,5

В Ейском районе 49% опрошенных оценили пляжи по высшему баллу, а в Темрюкском районе этот показатель достиг 54%. В качестве дополнительных замечаний большинство туристов предложили следующее: улучшить инфраструктуру услуг на пляже и прилегающей к нему территории.

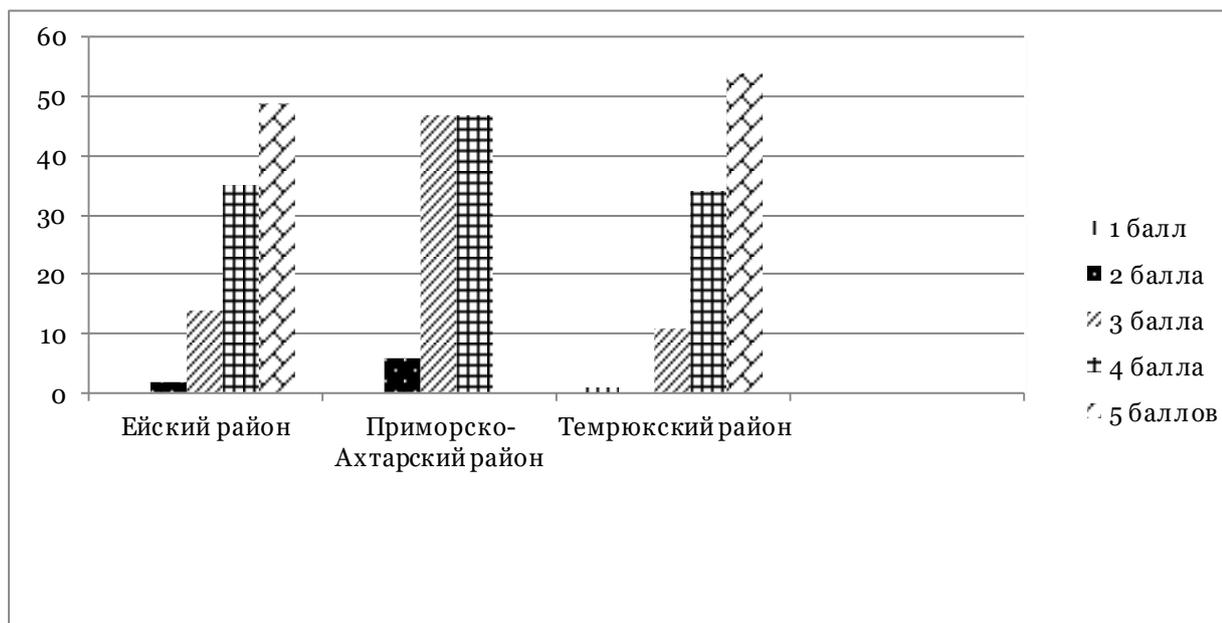


Рис. 2. Общая оценка качества отдыха на море (пляже) в 2014 г.  
Fig. 2. Overall assessment of the quality of the rest of the sea (the beach) in 2014.

Больше всего на курортах Краснодарского края туристам понравились природные ресурсы, лечение, а также вежливость местных жителей (Ейский, Темрюкский районы), уровень цен (только Темрюкский район); в Приморско-Ахтарском районе одной из основных причин респонденты отмечают тишину и спокойные условия для отдыха

Не понравились высокие цены, качество уборки пляжей (Ейский и Темрюкский районы), плохая организация досуга, транспортное обслуживание (Темрюкский район), а также присутствие насекомых (комары) и качество предоставляемых товаров и услуг (Приморско-Ахтарский район).

В качестве дополнительных замечаний большинство туристов предложили следующее: улучшить инфраструктуру услуг, расширить комплекс развлечений на курорте, а также провести работу по очистке пляжа и морского дна.

Наиболее важным позиционирующим фактором перспектив развития зоны является тот факт, что подавляющая часть рекреантов приедет на отдых сюда еще раз. «Вряд ли приедут» и «не приедут» всего лишь около 5% туристов, посетивших в 2014 г. азовские курорты.

### Выводы и рекомендации по развитию рекреационной зоны

По результатам проведенного исследования были сделаны следующие выводы.

Причиной выбора отдыха на Азовском побережье Краснодарского края для большинства опрошенных явилась привлекательность природы края, важным также оказались территориальная близость курортов края к месту постоянного проживания туристов и приемлемая стоимость отдыха;

Высокая оценка отдыха на море и пляжей (Ейский район – 4,5 балла) говорит об удовлетворенности туристов и эффективности работ администрации края и района по благоустройству пляжей. В то же время в Приморско-Ахтарском районе эта оценка (3,4 балла) оказалась ниже средней по краю (4,2 балла), что может объясняться низкими оценками в этих районах чистоты моря и пляжей, разнообразия услуг, высокими ценами на пляжах;

Оценивая инфраструктуру и соответствующие услуги на курортах Азовского побережья, туристы достаточно единодушно поставили высокие оценки. Лидером является Темрюкский, а «отстающим» – Приморско-Ахтарский район. Кроме того, одним из позитивных моментов является то, что обследованные районы могут иметь статус «молодежных курортов» – по возрасту наибольшие по численности группы туристов находятся в возрасте до 29 лет: Ейский – 31%, Темрюкский – 29%, Апшеронский – 45% отдыхающих.

Курорты Краснодарского края, в том числе и Азовского побережья, привлекают туристов практически из всех регионов России. Однако в основном на Азовское побережье приезжают туристы из близлежащих регионов Юга России – Краснодарский край, Ростовская область. Из-за пределов Южного и Северо-Кавказского федеральных округов наибольший приток туристов дает г. Москва и Московская область.

На основании полученных выводов можно дать следующие рекомендации.

1. Учитывая результаты оценки услуг курортов Азовского побережья, необходимо активизировать работу по повышению качества предоставляемых услуг. В то же время необходима диверсификация турпродукта через развитие видов туризма, имеющих ресурсный потенциал, а также новых видов туризма. Важное место среди курортных центров займет Щербиновский район, в котором в 2010 г. была открыта первая в России игорная зона «Азов-сити».

2. Позиционирование курортных районов должно приобрести планомерный и управляемый характер, в том числе в целях снижения внутрикраевой конкуренции между районами. В то же время это позиционирование должно учитывать выявленные особенности целевых аудиторий. Например, в Ейском районе выявлен высокий удельный вес молодых возрастных групп в общем потоке туристов, при этом туристская инфраструктура не учитывает этой специфики. Следовательно, рекомендуется при выборе стратегии дальнейшего развития (инвестиционных проектов, планов развития материально-технической базы и инфраструктуры районов и т.п.) принимать во внимание особенности контингента туристов.

3. Усилить продвижение услуг осенне-зимнего сезона, малоизвестных потребителям: новогодние туры и туры выходного дня. Учитывая теорию дистанционного лимитирования отдыха, акцент следует делать на потенциальных потребителях из ЮФО.

4. Необходим мониторинг цен на курортах края, разработка оптимальных ценовых стратегий, учитывающих ожидания и потребности конкретных целевых аудиторий.

5. Желательно сохранить игорную зону «Азов-сити» в Щербиновском районе Краснодарского края (первую функционирующую в России), что позволит сохранить и улучшить показатели социально-экономического развития района, а также обеспечить хоть небольшую диверсификацию туристского потока по территории края.

Проведение многофакторных масштабных исследований степени удовлетворенности туристов услугами, предоставляемыми на курортах Краснодарского края, должно быть ежегодным, проводиться в разные туристские сезоны в целях выявления долгосрочной динамики и тенденций, а также отслеживания результативности внедрения рекомендаций и инициатив научных и административных институтов в сфере санаторно-курортной и туристской деятельности.

### Список литературы References

1. Кубань в цифрах. 2014. Статистический сборник. Краснодарстат. Краснодар: 414.  
Kuban in figures. 2014. The statistical compilation. Krasnodarstat. Krasnodar: 414.
2. Курортно-туристский комплекс Краснодарского края в 2009–2013 гг. 2014. Стат. сборник. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю. Краснодар: 356.  
The resort and tourist complex of Krasnodar region in 2009-2013. 2014. Stat. collection. Territorial body of Federal state statistics service in Krasnodar Krai. Krasnodar: 356.
3. Международные рекомендации по статистике туризма: рекомендуемая методологическая основа: Издание Организации Объединенных Наций. 2010. Всемирная туристская организация Департамент по экономическим и социальным вопросам Статистический отдел. Нью-Йорк: 464.  
International recommendations on tourism statistics: recommended methodological framework: Publication of the United Nations. 2010. World tourism organization Department of economic and social Affairs Statistics division. New York: 464.
4. Нагалецкий Ю.Я. 2001. Физическая география Краснодарского края. Краснодар: Северный Кавказ: 256.  
Nagalevsky Yu. I 2001. Physical geography of Krasnodar Krai. Krasnodar: Northern Caucasus: 256.
5. Статистика туризма: движение к мировым стандартам. 2008. Вопросы статистики. № 5. – С. 14–18.  
Tourism statistics: the movement towards international standards. 2008. Questions of statistics. No. 5. – P. 14–18.
6. Физическая география Краснодарского края. 2000. Под ред. А.В. Погорелова. Краснодар: КубГУ: 188.  
Physical geography of Krasnodar region. 2000. Ed. by A.V. Pogorelov. Krasnodar: Kuban State University: 188.



# РЫНОК ТРУДА И ЭКОНОМИКА ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 338.001.76

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕРЖНЕВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В УПРАВЛЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫМИ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

## STUDY OF CORE COMPETENCE IN MANAGEMENT OF THE REGIONAL SCIENCE AND EDUCATIONAL INSTITUTIONS

**С.Н. Прядко**  
**S.N. Pryadko**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород,  
ул. Победы, 85*

*Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

*e-mail: pryadko\_s@bsu.edu.ru*

*Аннотация.* В статье представлены результаты исследования эффективности реализации стержневых компетенций региональных научно-образовательных организаций в области формирования и продвижения на рынок НИОКР. Исследование выполнено в терминологии ресурсного подхода, позволяющего количественно и качественно оценить потенциальные возможности трансформации регионального рынка знаний в рынок умений и выделения возможностей роста для региональных вузов и предприятий. Методика проведенного исследования включала три этапа: анализ статистических данных, количественно и качественно характеризующих стержневые компетенции научно-образовательных организаций Белгородской области в области коммерциализации НИОКР; при помощи корреляционного анализа выделение статистических зависимостей между отдельными показателями деятельности научно-образовательных учреждений, представленные в виде графиков линейной регрессии с определением линии тренда; экспертный опрос руководителей и специалистов региональных вузов и предприятий.

*Resume.* The article presents the results of a study of the effectiveness of implementation of core competencies of the regional scientific and educational organizations in the formation and promotion of research and development market. The study was performed in terms of the resource approach, allowing qualitatively and quantitatively evaluate the potential transformation of the regional market knowledge and skills to the market release of growth opportunities for regional universities and enterprises. The methodology of the study consists of three phases: analysis of statistical data, both quantitatively and qualitatively characterize the core competence of the Belgorod region in the commercialization of research and development of scientific and educational organizations; using statistical correlation analysis of the allocation of the dependencies between individual performance indicators of scientific and educational institutions presented in the form of a linear regression line with the definition of the trend line; expert survey managers and experts from regional universities and enterprises.

*Ключевые слова:* ресурсная теория, ресурсы, способности, компетенции, научно-образовательные организации, стратегическое управление.

*Keywords:* resource theory, resources, skills, expertise, scientific and educational organizations, strategic management.

### Введение

В современных экономических условиях, характеризующихся неоднородной динамикой развития и высокой степенью неопределенности внешней среды, по-прежнему актуальным остается вопрос постепенного перехода российской экономики на инновационный путь развития, позволяющий по-новому распорядиться ресурсной базой национальной и региональных экономических систем, и сформировать ее будущие ориентиры для долгосрочного роста. Основная роль в данном процессе обосновано отводится научно-образовательным организациям, которые обладают необходимыми интеллектуальными и материальными ресурсами для выполнения не только традиционной функции – создания и накопления знаний, но должны актуализировать и

сформировать ресурсную базу для реализации сравнительно новой для университетов функции – коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности в виде создания малых инновационных предприятий, выпуска и продвижения на рынок новой высокотехнологичной продукции, подготовки инновационно ориентированных кадров. Изменение условий функционирования и роли научно-образовательных организаций влечет за собой изменение структуры управления и развития компетенций сотрудников и руководства вузов, необходимых для решения поставленных задач.

Необходимость формирования компетенций более высокого стратегического порядка при управлении организациями находит теоретическое и практическое обоснование в работах отечественных и иностранных ученых в течение последнего времени все чаще [1, 2, 3, 4, 5, 13, 14, 15]. В большинстве научных работ формирование компетенций нового порядка в управлении рассматривается в контексте ресурсной теории, исследующей стратегическую зависимость положения экономического объекта в многомерном рыночном пространстве от его внутреннего состояния, описываемого показателями имеющихся или контролируемых ресурсов [4].

Развитие ресурсной теории как логическое продолжение и обоснование основных положений стратегического менеджмента получило свое распространение во второй половине XX века и связано с научными работами Э. Пенроуза (E. Penrose, 1959) [6], Р. Рамелта (R. Rumelt, 1987) [7], Дж. Барни (J. Barney, 1986) [8,9], Роберта М. Гранта (Robert M. Grant, 1991) [10], В. Ванна (William P. Wan, 2011) [11], С. Маритана (C. Maritan, 2011) [12] и других авторов. В научных работах по-разному трактуется понятие стратегических компетенций: организационные компетенции, ключевые компетенции, способности, умения, организационное знание, нематериальные активы. По мнению большинства российских авторов, одной из первых работ, в которой используется понятие «организационная компетенция» как совокупность внутренних факторов организации, таких как кадры и накопленный опыт, является работа Ф. Селзника «Лидерство в управлении» (1957). В 80-е годы К.К. Прахалад и Г. Хамел [13] сформулировали идею современного компетентостного подхода нового порядка, согласно которому компетенции компании (стержневые компетенции) рассматриваются как специфический ресурс компании, приобретаемый путем коллективного обучения и накопления опыта. Этот ресурс, основанный на использовании технологий, знаний, умений и навыков персонала, проявляется в процессе производства и распределения продукции или услуг и представляет ценность для потребителей [14]. В отличие от уже традиционного подхода в стратегическом управлении, в основу которого был положен тезис о необходимости достижения оптимального соответствия фирмы основным параметрам внешней среды, ресурсный подход предлагает опережающее создание и развитие уникальных, труднокопируемых другими фирмами ресурсов и способностей, являющихся залогом настоящего и, главное, будущего лидерства в бизнесе [14].

В большинстве научных работ объектом стратегического анализа является организация или фирма [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]; в отдельных случаях – регион [2]. Вместе с тем в большинстве научных работ по развитию ресурсной теории отвергается отождествление фирмы как исключительно производственной единицы. Основной акцент в проведенных исследованиях делается на управленческие и организационные характеристики объекта исследования. Г.Б. Клейнер отмечает, что: «...потенциал ресурсной теории как исследовательской программы намного шире и позволяет получить ответы не только на вопросы об источниках устойчивых конкурентных преимуществ фирмы, но и на более общий вопрос об основах организации экономики как пространства взаимодействия экономических субъектов и систем» [4, с. 5]. Учитывая то, что в настоящее время деятельность научно-образовательных организаций все более включает в себя производственные функции – разработку и коммерциализацию НИОКР – анализ способностей и умений менеджмента вузов в их реализации представляется перспективной проблемой исследования.

### Методика исследования

С целью выделения наличия и оценки эффективности функционирования стержневых компетенций научно-образовательных организаций в сфере коммерциализации и продвижения на рынок НИОКР, нами было проведено исследование, методика которого представлена на рис. 1. Источниками информации для проведения исследования и написания статьи выступили данные:

- Департамента экономического развития Белгородской области (<http://www.derbo.ru>);
- Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области ([http://belg.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/belg/ru](http://belg.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/belg/ru));
- Федерального института промышленной собственности (ФИПС) ([http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru));

- ОАО «Российская венчурная корпорация». Аналитический отчет «Развитие инновационных экосистем вузов и научных центров»;

([https://www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/docs/Innovation\\_ecosystem\\_analytical\\_report.pdf](https://www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/docs/Innovation_ecosystem_analytical_report.pdf));

- результаты экспертного опроса специалистов и руководителей малых инновационных предприятий вузов и региональных предприятий.



Рис. 1. Методика исследования наличия и эффективности функционирования стержневых компетенций научно-образовательных организаций Белгородской области, связанных с коммерциализацией НИОКР

Fig. 1. Research Methodology of availability and efficiency of the core competencies of research and educational institutions of Belgorod region associated with the commercialization of R & D

### Результаты исследования

На первом этапе исследования были проанализированы статистические данные по Белгородской области, характеризующие деятельность научно-образовательных организаций в области науки, образования, кадрового обеспечения и пр. Основной целью первого этапа стал сбор, анализ и рациональное представление статистической информации по проблеме исследования. Рабочей гипотезой на данном этапе исследования стало предположение о том, что на эффективность коммерциализации НИОКР вузов оказывают влияние, в первую очередь, количественные внешние и внутренние факторы (например, численность научно-образовательных организаций, численность профессорско-преподавательского состава, затраты на НИОКР). Для выделения проблем зон в использовании стержневых ресурсов научно-образовательных организациях нами были проанализированы количественные показатели, частично представленные в табл. 1 и 2 [18].

Таблица 1  
Table 1

#### Показатели деятельности образовательных организаций высшего образования Белгородской области (на начало учебного года) Performance of educational institutions of higher education Belgorod region (at the beginning of the school year)

Годы	Число образовательных организаций	В них студентов - всего, человек	в том числе обучавшихся на отделениях				На 10 000 человек населения приходилось студентов
			очных	очно-заочных (вечерних)	заочных	экстернат	
1995/1996	4	22259	12247	678	9334	-	151,7
2000/2001	8	45706	25107	604	19995	-	303,3
2005/2006	9	72121	39281	902	31938	-	477,1
2009/2010	7	79736	37759	822	41145	10	520,5
2010/2011	7	77676	35095	629	41943	9	506,9
2011/2012	7	73405	32624	543	40235	3	477,9
2012/2013	7	68742	31429	497	36814	2	446,1
2013/2014	7	64801	30278	393	34130	-	419,7

Источник: Белгородстат (<http://belg.gks.ru>)

Согласно представленным данным видно, что число образовательных организаций, функционирующих на территории Белгородской области, является стабильным в течение последних пяти лет. Максимальное значение показателя приходилось на 2005/2006 учебный год. Но происходит постепенное снижение численности обучающихся, что является адекватным отражением

изменений демографической ситуации и связано со снижением показателей рождаемости в сопоставимые периоды. В отличие от условий внешней среды, характеризующихся демографическими и прочими факторами, важнейшим внутренним ресурсом научно-образовательных организаций являются квалифицированные кадры, обладающие необходимыми компетенциями для реализации основных образовательных задач (табл. 2) [18].

Таблица 2  
Table 2

**Численность профессорско-преподавательского персонала образовательных организаций высшего образования Белгородской области (на начало учебного года; человек)**  
**The number of the teaching staff of educational institutions of higher education of Belgorod region (at the beginning of the academic year, people)**

	1995/ 1996	2000/ 2001	2005/ 2006	2009/ 2010	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014
<b>Численность профессорско-преподавательского персонала (штатный персонал) - всего</b>	<b>1314</b>	<b>1935</b>	<b>2975</b>	<b>3389</b>	<b>3159</b>	<b>2844</b>	<b>2887</b>	<b>2833</b>
в том числе имеют:								
ученую степень								
доктора наук	69	146	282	384	369	355	356	362
кандидата наук	593	818	1382	1790	1701	1515	1538	1548
ученое звание								
профессора	76	138	223	286	271	236	238	249
доцента	445	530	762	1044	1004	925	922	921

Источник: Белгородстат (<http://belg.gks.ru>)

На основании данных табл. 2 можно предположить, что профессиональные компетенции профессорско-преподавательского персонала научно-образовательных организаций увеличиваются пропорционально общей численности. Максимальная численность ППС – 3389 человек – приходится на 2009/2010 учебный год. В анализируемом периоде количество докторов наук увеличилось в 5,2 раз, кандидатов наук – в 2,6 раза. Численность профессорско-преподавательского персонала в целом возросла в 2 раза. Положительную динамику имели и показатели численности персонала научно-образовательных организаций, непосредственно занятых исследованиями и разработками (табл. 3) [18].

За анализируемый период число персонала высшего профессионального образования, занятого исследованиями и разработками, увеличилось в 3,25 раз. Максимальный показатель динамики приходится на 2009 год, когда рост показателя составил 293%. Структура численности персонала, занятого исследованиями и разработками на территории Белгородской области, в анализируемом периоде претерпела значительные изменения. В 2000 году 53,8% исследовательского персонала приходилась на предпринимательский сектор, и только 10,4% – на персонал высшего профессионального образования. В 2013 году ситуация диаметрально поменялась: доля персонала высшего профессионального образования составляла 54,03%, исследовательского персонала предпринимательского сектора – 17,2%.

Таблица 3  
Table 3

**Численность персонала, занятого исследованиями и разработками, по секторам деятельности (на конец года; человек)**  
**The number of employees engaged in research and development by sector of activity (at the end of the year, people)**

	2000	2005	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Численность персонала, всего</b>	<b>1953</b>	<b>1289</b>	<b>1185</b>	<b>1189</b>	<b>1198</b>	<b>1244</b>	<b>1227</b>
в том числе по секторам деятельности:							
государственный	248	268	421	419	400	349	336
предпринимательский	1501	871	323	288	282	192	211
высшего профессионального образования	204	150	440	482	516	686	663
некоммерческих организаций	-	-	1	-	-	17	17

Источник: Белгородстат (<http://belg.gks.ru>)



Для анализа результативности использования стержневых компетенций научно-образовательных организаций в области коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности нами были использованы данные ФИПС, характеризующие изобретательскую активность в регионах Центрального федерального округа Российской Федерации (табл.4) [19].

Таблица 4  
Table 4

**Коэффициент изобретательской активности по регионам ЦФО России**  
**Coefficient of inventive activity in the regions of Central Federal District Russia**

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Центральный федеральный округ</b>	4,68	4,66	4,75	4,61	5,27	4,83	5,17	5,26	4,33
Белгородская область	1,48	1,43	1,09	1,24	1,43	1,50	1,43	1,67	2,01
Брянская область	0,64	0,79	0,61	0,73	0,88	1,14	1,18	0,93	1,22
Владимирская область	1,39	1,57	1,76	1,40	1,88	1,83	2,32	2,10	2,35
Воронежская область	2,92	3,43	3,03	2,38	3,07	4,07	3,56	3,14	3,43
Ивановская область	23,78	9,78	5,83	6,16	6,64	7,39	7,83	5,18	3,31
Калужская область	2,37	2,51	2,31	1,88	1,67	1,72	1,74	1,85	1,23
Костромская область	0,93	1,08	1,50	0,88	0,94	0,79	1,03	0,69	1,19
Курская область	1,93	2,93	2,42	3,40	2,76	2,59	2,75	3,16	2,85
Липецкая область	0,71	0,80	1,09	0,91	0,94	0,91	0,98	0,98	1,11
Москва	9,08	10,09	10,73	10,63	12,47	10,59	10,23	11,09	8,64
Московская область	2,93	3,32	3,57	3,05	3,37	3,41	4,86	4,10	3,34
Орловская область	3,31	2,62	2,85	2,95	2,74	2,71	2,02	2,37	1,61
Рязанская область	2,47	2,21	2,24	2,02	2,32	1,87	1,55	2,07	2,09
Смоленская область	0,92	0,91	0,83	0,95	1,06	0,86	0,94	0,82	0,78
Тамбовская область	1,10	1,02	1,05	1,08	1,14	1,19	1,24	1,22	1,07
Тверская область	1,56	1,30	1,47	1,55	1,45	1,36	1,70	1,88	1,85
Тульская область	2,07	1,96	1,60	1,88	1,68	2,01	1,47	1,97	1,73
Ярославская область	2,46	2,16	2,52	1,96	2,05	2,54	2,54	2,64	2,22
<b>Среднеокружной</b>	<b>3,45</b>	<b>2,77</b>	<b>2,58</b>	<b>2,50</b>	<b>2,69</b>	<b>2,69</b>	<b>2,74</b>	<b>2,65</b>	<b>2,34</b>

Источник: ФИПС [http://www.fips.ru/sitedocs/a\\_iz\\_akt\\_2014.pdf](http://www.fips.ru/sitedocs/a_iz_akt_2014.pdf)

Коэффициент изобретательской активности представляет собой соотношение количества поданных заявок на выдачу патентов на изобретения и полезную модель в расчете на 10000 человек населения. При ретроспективном анализе соотношения численности ППС научно-образовательных организаций Белгородской области, числа исследователей, занятых разработками, и показателей изобретательской активности видно, что максимальный по численности период – 2008–2010 годы – совпадает с минимальными показателями коэффициента. В дальнейшем, предположительно с увеличением объемов финансирования и стимулирования, показатели коэффициента начинают увеличиваться несмотря на общее снижение численности ученых-разработчиков. В целом за анализируемый период коэффициент изобретательской активности увеличился в 1,35 раза. Для анализа изменения стимулирования исследовательской деятельности нами были проанализированы внутренние затраты на исследования и разработки по видам затрат и по видам работ, представленные в табл. 5 и 6 [18].

Динамика всех затрат на исследования и разработки на территории Белгородской области является положительной, и за весь период исследования составляет 455%. Значительно изменяется структура затрат по их видам. В 1995 году основную долю затрат составляла оплата труда (51,5%), на приобретение оборудования, например, было использовано 1,5% затрат. В 2013 году структура затрат значительно изменилась. Основную долю затрат на исследования и разработки составили внутренние текущие затраты (95,0%), из них на оплату труда было потрачено 28,5%. На приобретение оборудования в 2013 году было потрачено 8,6% всех внутренних затрат. Значительный рост всех внутренних затрат на исследования и разработки в анализируемом периоде приходится на 2009 год, когда затраты (по сравнению с предыдущим периодом) в целом увеличились на 251%; в том числе: на оплату труда – в 2,7 раза; на приобретение оборудования – в 3,9 раз; другие материальные затраты увеличились в 1,76 раз; прочие текущие затраты – в 2,14 раза; капитальные затраты возросли в 8,9 раз. Динамика внутренних текущих затрат на исследования и разработки по видам работ представлена в табл. 6 [18].

Таблица 5  
Table 5

**Внутренние затраты на исследования и разработки по видам затрат  
(миллионов рублей; 1995 г. – млрд. руб.)**  
**Gross domestic expenditure on Research and development by type of costs  
(million rubles; 1995 – billion rubles)**

	1995	2000	2005	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Все затраты</b>	<b>32,2</b>	<b>110,1</b>	<b>245,0</b>	<b>615,4</b>	<b>891,7</b>	<b>943,5</b>	<b>1261,8</b>	<b>1465,6</b>
Внутренние текущие затраты	32,0	107,7	242,6	594,0	876,2	936,8	1213,9	1392,9
Оплата труда	16,6	39,7	131,8	358,4	445,4	485,2	436,3	417,2
Отчисления на единый социальный налог	5,4	13,7	28,5	64,7	106,7	155,3	127,1	119,2
Приобретение оборудования	0,5	3,8	4,3	16,9	105,5	98,8	251,9	125,7
Другие материальные затраты	5,6	28,7	34,4	60,5	36,2	42,9	112,4	129,7
Прочие текущие затраты	3,9	21,9	43,6	93,5	182,4	154,6	286,1	601,1
Капитальные затраты	0,2	2,4	2,4	21,4	15,6	6,7	47,9	72,8
Земельные участки и здания	-	1,2	-	1,9	1,1	-	7,1	18,9
Прочие капитальные затраты	0,2	-	0,9	0,9	0,1	4,6	8,5	8,2

Источник: Белгородстат (<http://belg.gks.ru>)

Таблица 6  
Table 6

**Внутренние текущие затраты на исследования и разработки по видам работ  
(миллионов рублей; 1995 г. – млрд. руб.)**  
**Current domestic expenditure on research and development by type of activity  
(Million rubles; 1995 – billion rubles)**

	1995	2000	2005	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Все затраты</b>	<b>32,0</b>	<b>107,7</b>	<b>242,6</b>	<b>594,0</b>	<b>876,2</b>	<b>936,8</b>	<b>1213,9</b>	<b>1392,9</b>
в том числе по видам работ:								
фундаментальные исследования	1,4	6,5	13,3	151,5	185,8	218,9	258,2	158,0
прикладные исследования	4,3	20,1	95,8	144,9	301,5	418,3	397,3	414,6
разработки	26,3	81,1	133,5	297,6	388,9	299,6	558,4	820,3

Источник: Белгородстат (<http://belg.gks.ru>)

В анализируемом периоде динамика внутренних текущих затрат на исследования и разработки по видам работ является положительной и составляет 435%. Анализ структуры затрат показывает, что основная доля приходится на разработки: 82,2% – в 1995 году, и 58,9 – в 2013 году. Динамика роста прикладных исследований за весь период составила 964%. Количество фундаментальных исследований возросло в 112,9 раз.

Таким образом, краткий анализ статистических данных по проблеме исследования показал, что практически все показатели, характеризующие факторы формирования и результативность деятельности научно-образовательных организаций в области наличия и использования стретжевых компетенций, связанных с возможностью генерировать и коммерциализировать НИОКР, в целом имеют положительную динамику. За анализируемый период увеличилась численность профессорско-преподавательского персонала, возросло качество профессиональных компетенций, необходимых для проведения научных исследований (увеличилось число ученых, имеющих научную степень и ученое звание); увеличилось стимулирование научной деятельности в виде роста оплаты труда.

Вместе с тем предположение о влиянии внешних и внутренних факторов на эффективность коммерциализации НИКР вузов подтвердилось частично: 2008 и 2009 годы – максимальные по численности ППС и затрат на НИОКР стали наименее эффективными с позиции регистрации прав на интеллектуальную собственность, а значит, и возможности их дальнейшей коммерциализации. По мере формирования правового поля коммерциализации НИОКР (принятия в 2009 году № 217 – ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам создания бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяйственных

обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной деятельности») количественные показатели, связанные с затратами на НИОКР, возросли в целом в 4 раза, но результативность возросла только в 1,6 раз.

На втором этапе исследования нами был проведен корреляционный анализ статистических данных, составлена матрица корреляции показателей и графики линейных регрессий. Основной целью данного этапа стал поиск статистических зависимостей между отдельными показателями, характеризующими деятельность научно-образовательных учреждений, установления причинно-следственных связей и, возможно, некоторых закономерностей в тиражировании решений, связанный с коммерциализацией НИОКР. Показатели численности персонала и числа образовательных организаций не продемонстрировали линейную взаимосвязь, поэтому ниже частично представлены диаграммы рассеяния отдельных показателей, имеющие явную наиболее выраженную корреляцию (0,85 и выше) между двумя переменными (рис. 2–7).

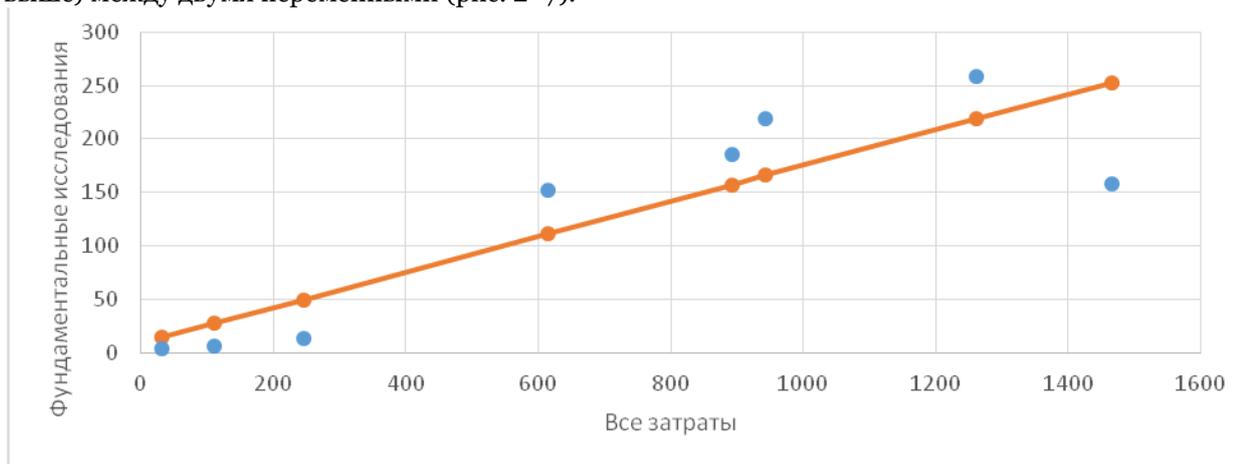


Рис. 2. Диаграмма рассеяния показателей всех затрат и объема выполненных и фундаментальных исследований, линия регрессии (тренда) (1995–2013 г., Белгородская область)

Fig. 2. Diagram of the scattering parameters of cost and volume of executed and fundamental research and the regression line (trend) (1995–2013, at Belgorod region)

Согласно представленным данным видно, что показатели затрат и объемов проводимых фундаментальных исследований в анализируемый период связаны между собой. Разумно полагать, что увеличение объемов финансирования ведет к увеличению числа проводимых исследований.

Показатели прикладных разработок и объемов затрат, представленные на рис. 3, продемонстрировали самые высокие показатели корреляции (0,96) и незначительный разброс вариации показателей в 2011 и 2013 году.

Показатели рис. 4 имеют схожие характеристики: до 2009 года практически полное совпадение соотношений показателей затрат и объемов выполняемых разработок, далее прикладные исследования показывают более высокую зависимость от объемов затрат, разработки – менее. В 2012 году корреляция практически выравнивается и приближается к единице.

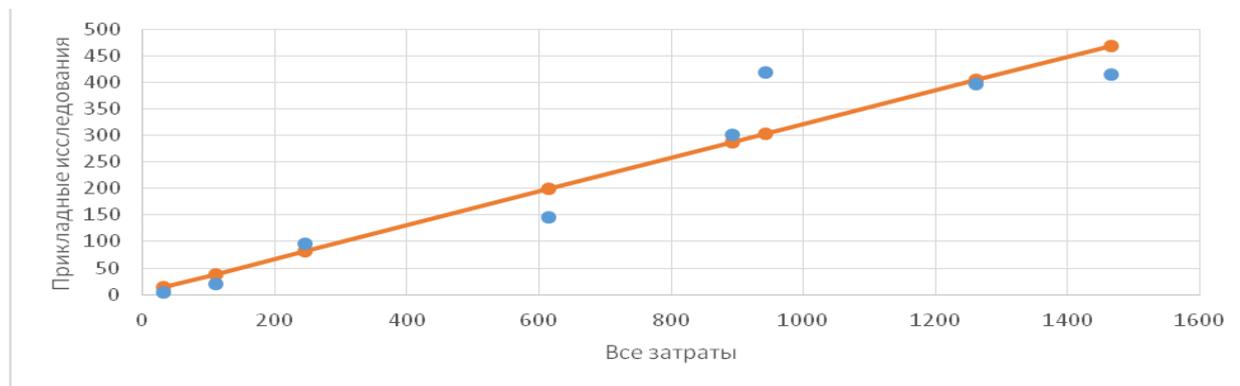


Рис. 3. Диаграмма рассеяния показателей всех затрат и объема выполненных прикладных исследований, линия регрессии (тренда) (1995–2013 г., Белгородская область)

Fig. 3. Diagram of the scattering parameters of the cost and volume of applied research and the regression line (trend) (1995–2013, at Belgorod region)

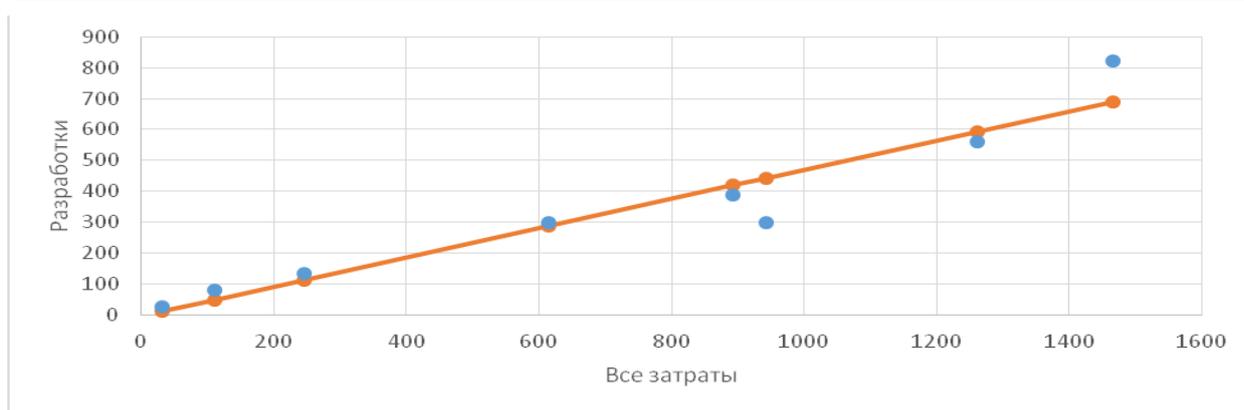


Рис. 4. Диаграмма рассеяния показателей всех затрат и объема выполненных разработок, линия регрессии (тренда) (1995–2013 г., Белгородская область)

Fig. 4. Diagram of the scattering parameters of the cost and volume of development and the regression line (trend) (1995–2013, at Belgorod region)

Положительную линейную регрессию (тренд) показали и затраты из собственных средств организаций на проведение фундаментальных, прикладных исследований и разработок (рис. 5–7).



Рис. 5. Диаграмма рассеяния показателей затрат собственных средств и объема фундаментальных исследований, линия регрессии (тренда) (1995–2013 г., Белгородская область)

Fig. 5. Diagram of the scattering parameters of its own funds the cost and scope of fundamental research and the regression line (trend) (1995–2013, at Belgorod region)



Рис. 6. Диаграмма рассеяния показателей затрат из собственных средств и объема выполненных прикладных исследований, линия регрессии (тренда) (1995–2013 г., Белгородская область)

Fig. 6. Diagram of the scattering parameters of the cost of own funds and the volume of executed applied research and the regression line (trend) (1995–2013, at Belgorod region)

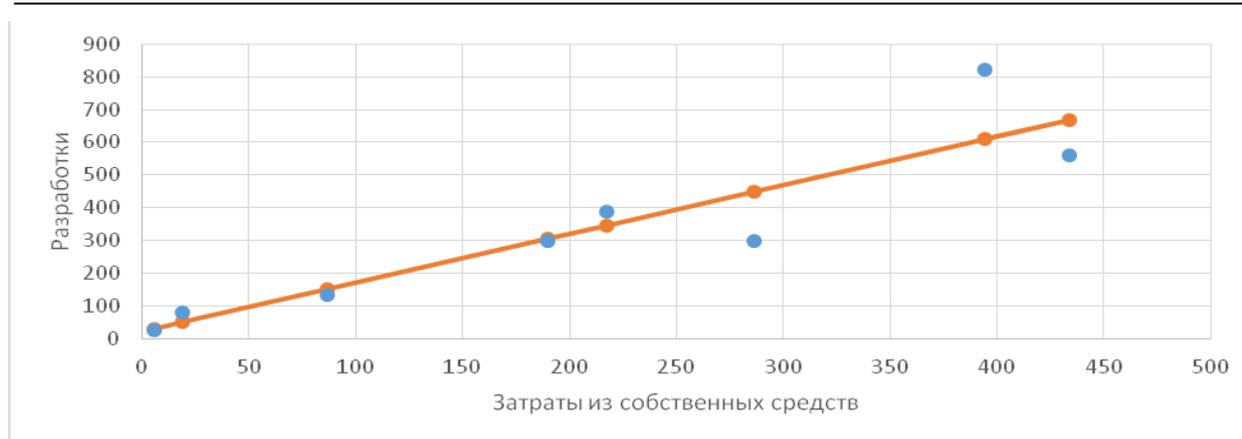


Рис. 7. Диаграмма рассеяния показателей затрат из собственных средств и объема выполненных разработок, линия регрессии (тренда) (1995–2013 г., Белгородская область)

Fig. 7. Diagram of the scattering parameters of the cost of own funds and the volume of completed developments and the regression line (trend) (1995–2013, at Belgorod region)

Корреляция показателей, представленных на рис. 7, имеет большую вариацию, чем данные, характеризующие показатели рис. 4, но, тем не менее, имеет положительный тренд за весь период исследования.

Таким образом, все представленные выше показатели (все затраты (рис. 2–4) и затраты из собственных средств (рис. 5–7) к объемам фундаментальных, прикладных исследований и разработок) продемонстрировали положительную линейную зависимость и сформировали растущий тренд за весь анализируемый период. Вместе с тем показатели численности персонала и числа образовательных организаций имели отрицательную или слабую положительную линейную зависимость в анализируемом периоде.

На третьем этапе исследования нами был проведен экспертный опрос специалистов региональных вузов и руководителей предприятий, обладающих необходимыми компетенциями и принимающие решения, связанные с реализацией инновационной политики. Цель данного этапа – уточнение и корректировка данных, характеризующих наличие необходимых компетенций, связанных с коммерциализацией НИОКР.

Анализ вторичной информации по проблеме исследования показал, что, несмотря на значительное развитие инфраструктуры и вложения в НИОКР, (за последние годы Россия вышла на 8 место в мире по финансированию НИОКР) Россия значительно уступает другим странам по таким показателям как инновационность или экспорт инновационной продукции [20, с.8]. Статистика результатов взаимодействия науки и производства показывает низкий процент внедрения разработок: менее 5% вузовских разработок доходят до внедрения в промышленность (рис. 8) [20].

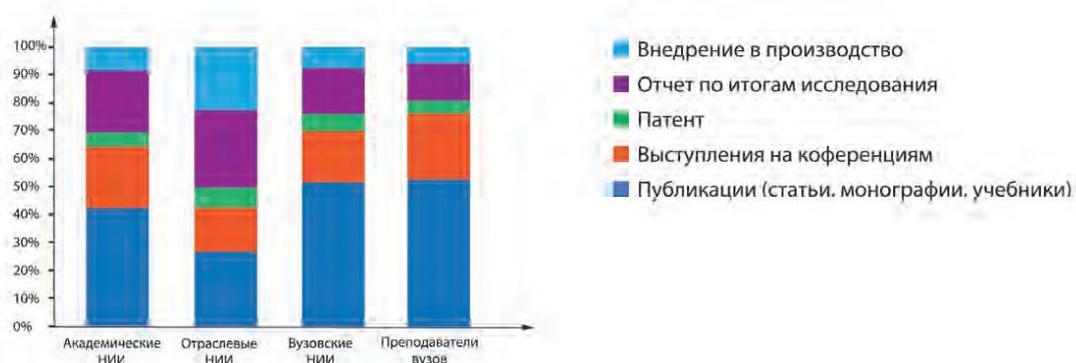


Рис. 7. Результаты научной деятельности научных сотрудников и преподавателей по различным НИИ и вузам, в% (2011–2013 г.)

Fig. 7. The results of scientific activity of researchers and teachers in various research institutes and universities, in% (2011–2013)

Источник: ОАО «Российская венчурная корпорация». Аналитический отчет «Развитие инновационных экосистем вузов и научных центров»

[https://www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/docs/Innovation\\_ecosystem\\_analytical\\_report.pdf](https://www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/docs/Innovation_ecosystem_analytical_report.pdf)

Анализ проблемы в условиях Белгородской области показал наличие аналогичной ситуации. Рабочей гипотезой на данном этапе исследования стало предположение о том, что, у разра-

ботчиков ученых вуза недостаточно компетенций, необходимых для успешной коммерциализации НИОКР, и, возможно, отсутствуют (недостаточно эффективно функционируют) отдельные институциональные элементы региональной инновационной системы. Экспертный опрос, проведенный нами в октябре 2015 года, частично подтвердил данное предположение. (Отдельные результаты экспертного опроса специалистов вузов и руководителей малых инновационных предприятий Белгородского государственного национального исследовательского университета (23 эксперта) представлены в публикации «Особенности управления малым инновационным предприятием вуза» [21]). Проведенное исследование показало, что среди проблем, с которыми сталкивались ученые в процессе коммерциализации научной идеи (в большинстве случаев в виде малого инновационного предприятия), были следующие: 45,5% – финансовые и материально-технические проблемы; 18,2% – кадровые и организационные; 9,1% – управленческие проблемы, 9,1% – затруднились с ответом) (в анкете была возможность выбора нескольких вариантов) (рис. 8).

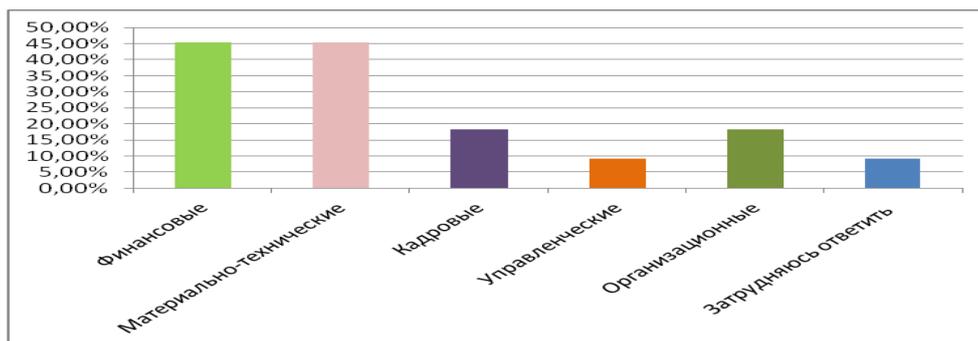


Рис. 8. Проблемы, с которыми сталкивались ученые вуза в процессе коммерциализации НИОКР  
Fig. 8. The problems faced by university scientists in the commercialization of R & D

Учитывая то, что практически все разработчики работали с федеральными, региональными и университетскими институтами поддержки (рис. 9) (увеличение объемов финансирования показал и анализ статистических данных, проведенный на втором этапе исследования), логично предположить, что одной из основных проблем при коммерциализации НИОКР стало отсутствие управленческих компетенций, необходимых для создания и управления бизнесом в современных условиях. Эффективный менеджмент и включает в себя решение финансовых, материально-технических, кадровых проблем, с которыми столкнулись ученые в процессе коммерциализации НИОКР.

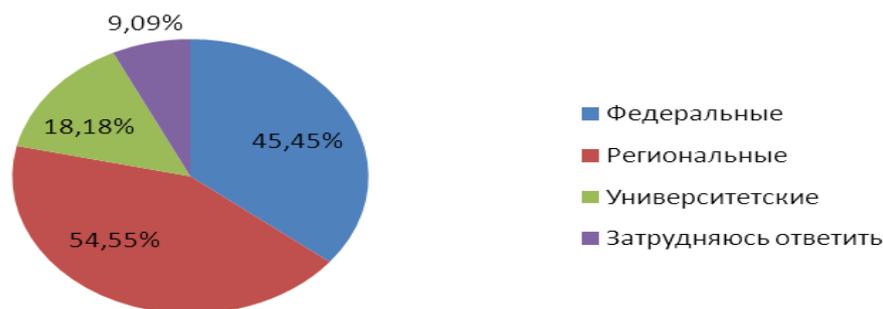


Рис. 9. Институты поддержки, с которыми работали респонденты в процессе коммерциализации НИОКР  
Fig. 9. Supporting institutions collaborated with scientists in the commercialization of R & D

Помимо ученых и специалистов научно-образовательных организаций на третьем этапе исследования нами был проведен экспертный опрос руководителей и специалистов региональных предприятий. В опросе приняли участие 20 экспертов. Частичные результаты исследования представлены на рис. 10–15.

Половина респондентов анкетирования являются руководителями подразделений или компаний, работающих более 10 лет на рынке Белгородской области, 40% – более 5 лет, 10% – менее 5 лет (рис. 10). Руководители вновь созданных компаний в исследовании не принимали участие.

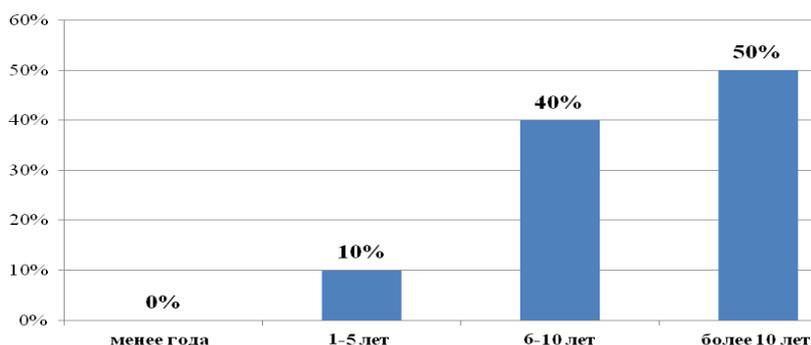


Рис. 10. Продолжительность работы компаний, руководители и специалисты которых приняли участие в экспертном опросе

Fig. 10. The duration of the companies, whose leaders participated in the expert survey

Численность персонала обследуемых предприятий распределилась следующим образом: 60% – численность более 500 человек; 30% – от 100 до 500 человек; 10% – численность до 50 человек (рис. 11).

На открытый вопрос: «Какое количество средств Ваша компания ежегодно выделяет на НИОКР?» были получены ответы, согласно которым размер средств на НИОКР компаний, работающих более 10 лет и имеющие численность персонала свыше 500 человек, находится в диапазоне от 1 миллиона до 1,5 миллионов рублей в год. Компании, работающие менее 10 лет и имеющие численность менее 500 человек, выделяют, согласно экспертным данным, от 500 тысяч до 1 миллиона рублей в год. Большинство компаний, имеющие численность до 50 человек (все эти компании работают на рынке менее 5 лет) не финансируют НИОКР, но, как показано ниже, имеют опыт взаимодействия с вузами (рис. 12).

Проведенный опрос показал, что 90% региональных предприятий имеют опыт взаимодействия с научно-образовательными организациями; 5% затруднились с данным ответом, и 5% ответили отрицательно. В последнюю группу в большинстве вошли малые предприятия (с численность до 50 человек, недавно работающие на рынке). Но есть и исключение: одна из таких компаний – подразделение международного холдинга по производству добавок к кормам – взаимодействует с московскими отраслевыми лабораториями и вузами.

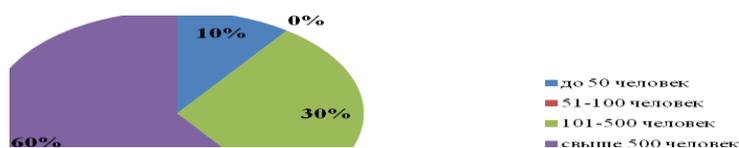


Рис. 11. Среднесписочная численность обследуемых предприятий

Fig. 11. The average number of investigated enterprises

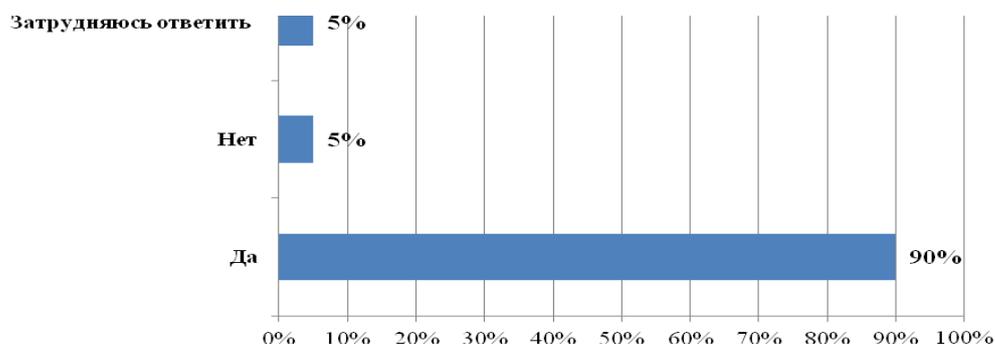


Рис. 12. Численность региональных предприятий, имеющих опыт взаимодействия с научно-образовательными организациями

Fig. 12. The number of regional businesses with experience of cooperation with the scientific and educational organizations

Подавляющее число региональных предприятий работают с региональными научно-образовательными организациями (75% опрошенных), 10% работают в основном с отраслевыми вузами Москвы, Санкт-Петербурга и других регионов. Опыта работы с иностранными вузами, согласно данным экспертов, региональные предприятия пока не имеют (рис. 13).

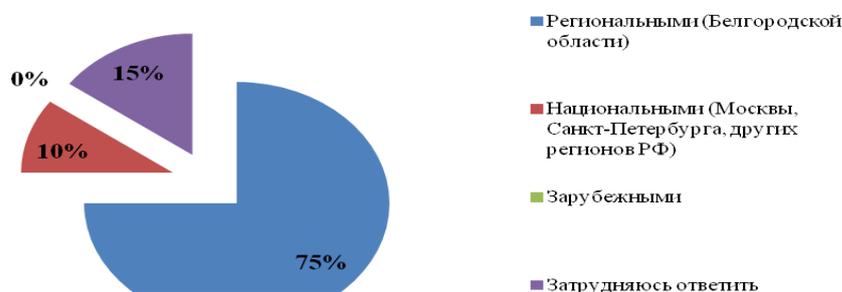


Рис. 13. Расположение научно-образовательных организаций, взаимодействующих с региональными предприятиями

Fig. 13. Location of research and educational institutions interacting with regional enterprises

Как показывают данные опроса, решения, связанные с взаимодействием региональных предприятий и научно-образовательными организациями, по-прежнему являются консервативными и ассоциируются у большинства руководителей (65% обследуемых) с подготовкой квалифицированных кадров для компании (рис. 14). Направления взаимодействия, связанные с НИОКР, составляют оставшиеся 35% и включают в себя: 20% – взаимодействие, связанное с внедрением инноваций; 10% – совместное проведение научно-исследовательских проектов; 5% – процесс передачи современных наукоемких технологий.

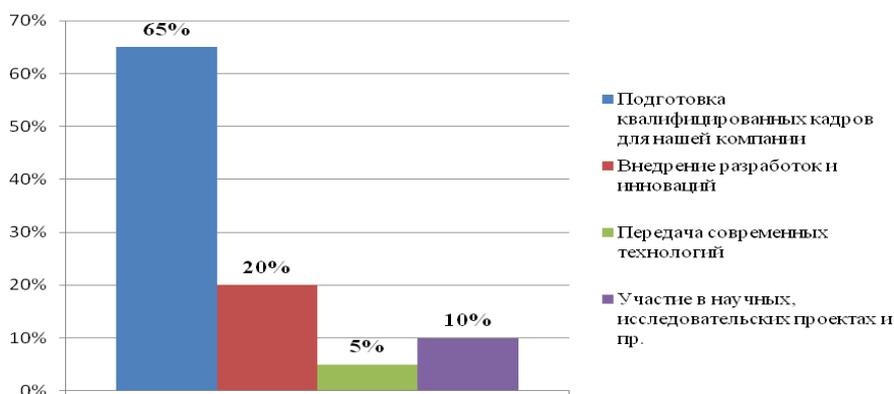


Рис. 14. Области взаимодействия региональных научно-образовательных организаций и предприятий

Fig. 14. Areas of interaction of regional research and educational organizations and enterprises

Большинство респондентов (более 80%) высказали мнение, что взаимодействие региональных научно-образовательных учреждений и предприятий является необходимым в современных условиях, и высказали пожелание увеличить существующее взаимодействие. В качестве направлений были высказаны следующие комментарии, сгруппированные нами, и представленные на рис. 15.

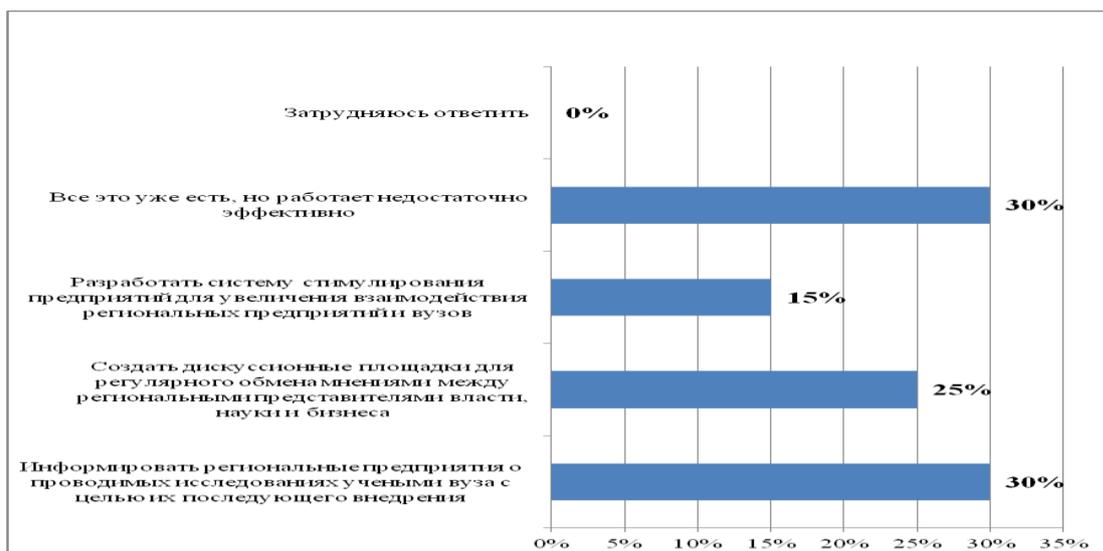


Рис. 15. Направления повышения эффективности взаимодействия региональных научно-образовательных организаций и предприятий

Fig. 15. Directions of increase of efficiency of interaction of regional research and educational organizations and enterprises

По мере убывания группировка комментариев экспертов выглядит следующим образом: 30% отметили, что все федеральные и региональные институты инфраструктуры взаимодействия научно-образовательных организаций и предприятий созданы, но работают недостаточно эффективно; 30% считают, что региональные предприятия недостаточно информированы о проводимых в вузах НИОКР; 25% предлагают создание дискуссионных площадок для регулярного взаимодействия региональных представителей власти, науки и бизнеса.

### Заключение

В статье представлены результаты исследования эффективности реализации стержневых компетенций региональных научно-образовательных организаций в области формирования и продвижения на рынок НИОКР. На первом этапе исследования были проанализированы статистические данные по Белгородской области. Исследование показало, что практически все показатели, характеризующие эффективность коммерциализации НИОКР, имеют положительную динамику. Рабочая гипотеза данного этапа исследования подтвердилось частично, так как 2008 и 2009 годы – максимальные по численности ППС и затрат на НИОКР – стали наименее эффективными с позиции коммерциализации НИОКР.

На втором этапе исследования были выделены статистические взаимосвязи отдельных показателей, характеризующих деятельность региональных научно-образовательных организаций, связанной с коммерциализацией НИОКР. Показатели, имеющие явную наиболее выраженную корреляцию, были представлены в виде диаграмм рассеяния показателей с линией регрессии – тренда.

В качестве заключительного этапа исследования были представлены результаты анализа двух экспертных опросов региональных руководителей и специалистов научно-исследовательских организаций и предприятий, частично подтвердивших рабочую гипотезу исследования о необходимости дальнейшего развития стержневых компетенций научно-образовательных организаций, связанных с коммерциализацией НИОКР.

### Список литературы References

1. Кларк Б.Р. 2011. Поддержание изменений в университетах. Преимущество кейс-стади и концепций. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 312.  
Clark B.R. 2011. Maintaining changes in universities. Continuity of case studies and concepts. Home Higher School of Economics, 312.
2. Ломовцева О.А. 2012. Совокупный ресурсный потенциал региона: методология определения и измерения. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. Выпуск № 1-1 (120). Том 21. - С. 31–43

- Lomovtseva O.A. 2012. The total resource potential of the region: the methodology for determining and measuring. Scientific statements Belgorod State University. Series: Economy. Informatics. Issue number 1-1 (120). Volume 21. - P. 31-43
3. Danneels E. 2002. The dynamics of product innovation and firm competences. *Strategic Management Journal* Strat. Mgmt. J., 23: 1095-1121 (2002) Published online 19 September 2002 in Wiley Inter Science ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)). DOI: 10.1002/smj.275
4. Клейнер Г.Б. 2011. Ресурсная теория системной организации экономики. *Российский журнал менеджмента*. Том 9. № 3. - С. 3-28
- Kleiner G.B. 2011. Resource theory of systemic organization of the economy. *Russian Management Journal*. Volume 9. № 3. - P. 3-28
5. Тамбовцев В.Л. 2010. Стратегическая теория фирмы: состояние и возможное развитие. *Российский журнал менеджмента*. Том 8. № 1. - С. 5-40.
- Tambovtsev V.L. 2010. Strategic Theory of the Firm: state and possible development. *Russian Management Journal*. Volume 8. № 1. - P. 5-40.
6. Penrose E.T. 1959. *The Theory of the Growth of the Firm*. Oxford University Press, Oxford.
7. Rumelt R. P. 1987. *Theory, Strategy and Entrepreneurship. The Competitive Challenge*. Cambridge, MA; 137-158.
8. Барни Дж.Б. 2009. Может ли ресурсная концепция принести пользу исследователям в области стратегического управления? – Да. *Российский журнал менеджмента*. Том 7. № 2. - С. 71-92.
- Barney J. B. 2009. Can the concept of resource benefit researchers in the field of strategic management? – Yes. *Russian Management Journal*. Volume 7. № 2. - P. 71-92.
9. Barney J.B. *Strategic Factor Markets: Expectations, Luck and Business Strategy*, *Management Science*. 1986, 1231-1241.
10. Robert M. Grant. 1991. The Resource-Based Theory of Competitive Advantage: Implications for Strategy Formulation *California Management Review*, Vol. 33. No. 3. - pp. 114-135.
11. William P. Wan. 2011. Resource-Based Theory and Corporate Diversification: Accomplishments and Opportunities. William P. Wan, Robert E. Hoskisson, Jeremy C. Short. *Journal of Management*. № 8. – P. 48-69.
12. Maritan C. 2011. Building a bridge between resource acquisition and resource accumulation. *Journal of management*. Vol. 37. № 5. – P. 1374-1389.
13. Хамэл Г., Прахалад К. 2002. Конкурируя за будущее. Создание рынков завтрашнего дня. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 288.
- Hamel G., Prahalad K. 2002. *Competing for the Future. Creating markets of tomorrow*. «Olympus-Business», 288.
14. Прахалад К.К., Кришнан М.С. 2012. Пространство бизнес-инноваций. Создание ценности совместно с потребителем. М.: Изд-во: «Альпина Паблишер», 264.
- Prahalad K., Krishnan M.S. 2002. *The space business innovation. Creating value together with the consumer*. Publishing house «Alpina Publisher», 264.
15. Каткало В.С. 2011. Эволюция теории стратегического управления. С-Петербург: Изд-во «Высшая школа менеджмента», 548.
- Katkalo V.S. 2011. *Evolution of strategic management theory*. St. Petersburg: Publishing House of the «Graduate School of Management», 548.
16. Ефремов В.С., Ханьков И.А. 2002. Ключевая компетенция организации как объект стратегического анализа. *Менеджмент в России и за рубежом*. № 2. – С. 15-23
- Efremov V.S., Khanykov I.A. 2002. The key competence of the organization as an object of strategic analysis. *Management in Russia and abroad*. № 2. - p. 15-23.
17. Департамент экономического развития Белгородской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.derbo.ru>
- Department of Economic Development of the Belgorod region [Electronic resource]. - URL: <http://www.derbo.ru>
18. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://belg.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/belg/ru](http://belg.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/belg/ru).
- Territorial department of Federal State Statistics Service in the Belgorod region [Electronic resource]. - URL: [http://belg.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/belg/ru](http://belg.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/belg/ru).
19. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru).
- Federal Institute of Industrial Property [Electronic resource]. URL: [http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru)
20. ОАО «Российская венчурная корпорация». Аналитический отчет «Развитие инновационных экосистем вузов и научных центров» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/docs/Innovation\\_ecosystem\\_analytical\\_report.pdf](https://www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/docs/Innovation_ecosystem_analytical_report.pdf).
- Analytical report «Development of innovative ecosystems universities and research cents» . Russian Venture Corporation [Electronic resource]. - URL: [https://www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/docs/Innovation\\_ecosystem\\_analytical\\_report.pdf](https://www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/docs/Innovation_ecosystem_analytical_report.pdf).
21. Ломовцева О.А., Прыдко С.Н., Дахова М.Н. 2015. Особенности управления малым инновационным предприятием вуза. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика*. № 21 (216). Выпуск 36/1. – С. 56-66.
- Lomovtseva O.A., Pryadko S.N., Dakhova M.N. 2015. Features of management of small innovative enterprise university. *Scientific statements Belgorod State University. Series: Economy. Informatics*. № 21 (216). Issue 36/1. - P. 56-66.

# ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ

УДК 330.322

## РАЗВИТИЕ ФИНАНСОВЫХ ИНСТИТУТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РЕГИОНАХ

### DEVELOPMENT FINANCIAL INSTITUTIONS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF INNOVATIVE ACTIVITY IN THE REGIONS

**Е.Н. Парфенова**  
**E.N. Parfenova**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
ул. Победы, 85, г. Белгород, Россия, 308015*

*Belgorod State National Research University, 85, Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia*

*E-mail: [parfenova@bsu.edu.ru](mailto:parfenova@bsu.edu.ru)*

*Аннотация.* В настоящей статье рассматриваются особенности создания и развития финансовой инфраструктуры инновационной деятельности в регионах. Оценивается роль различных финансовых институтов в финансировании инноваций, автором предлагается модель финансовых институтов для обеспечения развития территориальной инновационной деятельности.

*Resume.* This article discusses the features of the establishment and development of financial infrastructure of innovation activity in the regions. It assesses the role of various financial institutions in the financing of innovation, the author proposes a model for financial institutions to ensure the development of territorial innovation.

*Ключевые слова:* инновации, финансовая инфраструктура инновационной деятельности, инновационная инфраструктура, финансирование инноваций, государственное финансирование инноваций, венчурное финансирование.

*Keywords:* region, innovation infrastructure, elements, business incubator, technology park, technopolis, innovation center, territorial cluster, infrastructure support.

## Введение

В настоящее время инновации становятся важным элементом всех видов деятельности общества, они приобрели статус локомотива экономического и социального развития. Исходя из этого, именно инновации должны стать импульсом для развития и укрепления имиджа России в экономике и политике, той основой, которая укрепляет конкурентные преимущества государства [Романовский, 2011]. На сегодня уже бесспорно, что без инновационной деятельности нельзя в перспективе получить экономический и культурный рост по интенсивному пути развития. Эффективность инновационной деятельности, как и любой другой, в большей степени зависит от форм ее организации и способов финансирования. В настоящее время действующая система финансирования инновационной деятельности в России не эффективна из-за ограниченности и низкой результативности централизованных источников финансирования, сложных схем привлечения заемных средств, все это приводит к тому, что невозможно реализовать имеющийся потенциал инновационного развития. Учитывая сложившуюся ситуацию, необходимо создавать и постоянно совершенствовать финансовую инфраструктуру, которая обеспечит необходимыми финансовыми ресурсами предприятия для инновационного развития, это позволит обеспечить процесс интеграции высокотехнологичных и наукоемких предприятий в российскую экономику и повысить их инновационную активность.

В данной статье рассматривается вопрос, касающийся особенностей создания и развития финансовых институтов инновационной инфраструктуры в регионах. Проведена оценка роли различных форм организации в финансировании инноваций. Предложена эффективная финансовая инфраструктура инновационной деятельности в регионах, которая повысит коммерциализацию инноваций на их территориях.

**Результаты исследований**

Создание инновационной инфраструктуры в России начало происходить в 90-е годы XX века, при этом многие организации образовывались на базе научно-исследовательских центров. Необходимо отметить, что главным ее назначением не было инновационное развитие. Она создавалась с целью поддержки и сохранения огромного научного комплекса, в том числе и той ее части, которая занята прикладными научными разработками и исследованиями [Давыденко, 2014]. Региональная инновационная инфраструктура представляет собой общий состав находящихся на территории региона предприятий, которые создают и распространяют научно-технические инновации и фирмы, потребляющие новшества, а также взаимосвязей между ними, обеспечивающих благоприятные условия для производства и использования нужных интеллектуальных продуктов [Парфенова, 2015] (рис. 1).

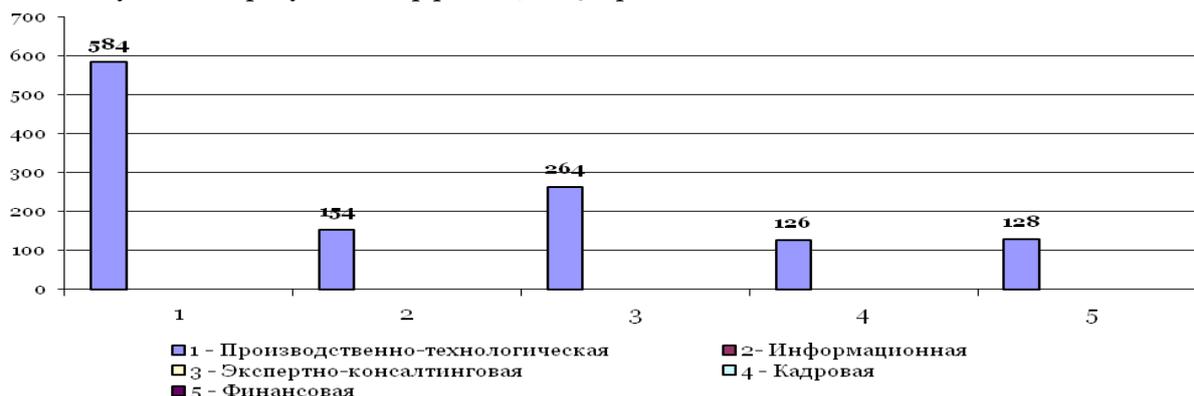


Рис. 1. Инновационная инфраструктура в 2015 г., единиц  
Fig. 1. Innovative infrastructure in 2015, units

Оценка инновационной инфраструктуры показывает несоответствие между реальными потребностями инновационной деятельности и существующим его обеспечением. Финансовые институты занимают в инновационной инфраструктуре меньшую долю в общем составе организаций, обеспечивающих благоприятные условия для инновационного развития [Офиц. сайт НЦМИИИИТДРИС]. При этом основной их функцией является целенаправленная деятельность по созданию условий для развития инновационных процессов. Поэтому формирование эффективной финансовой инфраструктуры, тесное взаимодействие между всеми ее элементами является главным требованием для повышения инновационного развития. Анализ российской и зарубежной практики финансовой поддержки инновационной деятельности позволил сгруппировать финансовые институты инновационной инфраструктуры по формам организации с ориентацией их на выполнение определенных задач с использованием разных подходов и механизмов их функционирования (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

**Характеристика финансовых институтов инновационной инфраструктуры**  
**Characteristics of financial institutions, innovative infrastructure**

Форма организации	Основные задачи организации
1	2
Ассоциация	Развитие подходов для финансирования. Распространение прогрессивных форм финансовой поддержки. Снижение инвестиционных рисков при финансировании инновационных проектов. Оптимизация налоговых платежей участников инновационной деятельности
Бюджетные фонды	Непосредственное финансирование инновационных проектов по приоритетным направлениям развития науки, техники и технологий преимущественно на ранних стадиях жизненного цикла продукта или технологии. Предоставление гарантий под финансирование инновационных проектов
Инновационные фонды	Финансирование инновационно- активных предприятий для развития промышленно-технологической базы по освоению производства новой продукции или применению новой технологии
Венчурные фонды	Разнообразная финансовая поддержка инновационных проектов. Предоставление консультаций и помощи в управлении малыми инновационными предприятиями. Поиск стратегических инвесторов для инновационных бизнесов. Помощь при акционировании инновационных предприятий путем повышения их стоимости

Окончание табл. 1

1	2
Бизнес-ангелы, частные инвесторы	Предоставление безвозмездной адресной помощи малым предприятиям на начальных стадиях их жизненного цикла. Предоставление бесплатных консультаций руководителям инновационных фирм. Помощь в продвижении новых продуктов и технологий на рынок, преимущественно некоммерческая
Страховые фонды	Страхование рисков инновационно-активных предприятий
Инновационные компании	Предоставление гарантий по финансовым обязательствам инновационных предприятий. Финансирование инновационно-активных предприятий
Финансовые институты	Накапливание временно свободных финансовых ресурсов для их дальнейшего вложения в инновационные проекты

Необходимо учесть, что единых требований к организационному проектированию финансовых институтов в субъектах Российской Федерации не существует, поэтому формы организаций и их функциональные задачи характеризуются исчезновением функциональных границ между ними и большим уровнем диверсификации. Вследствие этого перечень форм финансовых институтов инновационной инфраструктуры, приведенный в табл. 1, указывает лишь только те финансовые организации, которые в зарубежной практике доказали свою эффективность.

Данные Национального центра по мониторингу инновационной инфраструктуры научно-технической деятельности и региональных инновационных систем [Офиц. сайт НЦМИИИИТДРИС] указывают на то, что в финансовой инфраструктуре инновационной деятельности большая доля принадлежит бюджетным и венчурным фондам (рис. 2).



Рис. 2. Финансовая инфраструктура инновационной деятельности в 2015 г., единиц

Fig. 2. Financial infrastructure of innovation activity in 2015, units

Анализ данных Национального центра по мониторингу инновационной инфраструктуры научно-технической деятельности и региональных инновационных систем показывает, что на сегодняшний день финансовая инфраструктура не способствует развитию инновационной деятельности, повышению ее эффективности и потребностям рынка. Некоторые формы институтов в финансовой инфраструктуре не задействованы, что приводит к неэффективной системе финансирования инновационной деятельности. При этом исследование данных о финансовых институтах позволило выявить, что в разных субъектах Российской Федерации формы и состав институтов, финансирующих инновационную деятельность, меняются в зависимости от особенностей осуществления инновационных процессов в этих регионах. Так, на территории Центрального федерального округа сосредоточено более 36% институтов финансовой инфраструктуры региональной инновационной системы, а на территории Северо-Кавказского Федерального округа наименьшее их число, лишь 3,65%. При этом на сегодняшний день основным источником финансирования инновационной деятельности на предприятиях являются их собственные средства, так как банковский кредит остается очень дорогим и слишком коротким для предоставления финансовых ресурсов на развитие инновационной деятельности [Боткин, 2015]. Финансовые средства из государственного бюджета доступны в основном для больших компаний. Но и для них объем обеспечения бюджетными финансовыми ресурсами составляет всего лишь не более 10% от требуемых средств. Проблема финансирования малых инновационных предприятий еще более сложная. Развитие этих предприятий финансируется их учредителями, поэтому из-за недостаточности финансовых средств и своевременности их перечисления не позволяет достигнуть тех результатов, на которые они рассчитывали. Существуют региональные программы поддержки малого бизнеса, а также программа стартового финансирования, проводимая Фондом содействия развитию малых форм предприятий

научно-технической сферы, однако их распространение приходится в основном на малые инновационные предприятия, которые находятся в крупных городах [Боткин, 2015].

В этой связи, несмотря на то, что Россия имеет значительный потенциал инновационного развития, сегодня продолжают внедрять инновации, которые не меняют радикально процесс производства, а лишь вносят несущественные изменения. Поэтому необходимо сформировать эффективный финансовый блок инновационной инфраструктуры для того, чтобы обеспечить финансовыми ресурсами инновационный сектор.

В развитых зарубежных странах финансовая инфраструктура инновационной деятельности включает высокоразвитый финансово-кредитный механизм современного рынка, который обеспечивает финансовыми средствами инновационный сектор. Эффективной формой финансирования инновационной деятельности является венчурное инвестирование, которое представляет собой уникальный механизм, дающий возможность концентрации ограниченных финансовых ресурсов для очень перспективных инновационных проектов за счет эффективной коммерциализации разработок обеспечить очень быстрый возврат финансовых средств. Появление новых институциональных структур, которые создадутся в рамках развивающейся венчурно-инновационной системы, будет способно обеспечить продуктивный союз новых научных знаний, финансовых технологий и методов управления. Зарубежный опыт показывает, что без продуктивного венчурного бизнеса нельзя создать условия для инновационного развития экономики. Венчурное инвестирование становится неординарным проводником прогрессивных научно-технических идей в сферу производства и потребления. Этот вид бизнеса будет способствовать продвижению новшеств, при этом он существенно упрощает получение финансовых ресурсов инновационным компаниям, и в тоже время повышает уровень коммерциализации передовых разработок [Лиман, 2012]. Очень многие развитые страны совершенствование венчурного бизнеса рассматривают в качестве национальной стратегии продвижения науки, технологии и инноваций, по которой определяют приоритетные направления экономики.

В последние годы в Российской Федерации венчурное инвестирование получило развитие. Во многих регионах стали создаваться венчурные фонды. Однако во многих таких случаях «венчурный» в названии отображает лишь модную тенденцию. В действительности многие эти структуры нацелены лишь на поддержание инновационной деятельности с ориентацией на финансирование НИОКР, которые не предполагают создание новых предприятий. Такая ситуация связана с тем, что промышленность в Российской Федерации не сформировала потребности в развитии системы венчурного инвестирования. А между тем венчурное финансирование осуществляется тогда, когда коммерциализация идеи уже достаточно продвинута. Существование разрыва в финансировании инновационной цепочки «идея – технология – промышленное производство» на стадии перехода от исследований и разработок к рыночному продукту приводит к тому, что поток интересных предложений для коммерческих инвестиций не обеспечивается. Очень важную роль в этой ситуации могут играть такие финансовые организации, которые обеспечат прямое финансирование на этой стадии или уменьшат риски кредиторов до приемлемого уровня. Этими финансовыми институтами могут стать гарантийные фонды.

Для создания эффективной модели венчурного инвестирования необходимо внедрять механизм государственно-частного партнерства (в развитых странах, где эффективно осуществляется механизм софинансирования, 70% предпринимательского сектора участвует в финансировании науки и инноваций [Лиман, 2012]). Кроме того, во многих западных странах функционируют различные схемы государственных гарантий кредитования для инновационно-активных предприятий. Успешно работает схема в предоставлении гарантии возврата не всего, а только его части с условием, что заемщик сам обеспечит оставшуюся часть залога. Очень эффективен зарубежный опыт создания гарантийных фондов в виде обществ взаимного кредитования за счет самих малых предприятий. Однако такой подход не может предоставить гарантию под достаточно крупные кредиты. Опыт международных организаций, создающих стартовые и гарантийные фонды, важен не только с точки зрения привлечения денежных средств, но и их практических знаний, которые нужны для успешной работы этих структур. Поэтому с этой точки зрения очень полезными будут средства технической поддержки (оплата услуг юристов, консультантов, обучающие программы менеджеров и т. д.). Существование этих средств позволит более результативно работать кадровому сектору инновационной инфраструктуры. Создание таких гарантийных фондов позволит привлечь в инновационную среду дополнительные финансовые ресурсы в объемах в 3–5 раз больших, чем величины этих гарантийных институтов. Это приведет к тому, что банки, имея систему обеспечения, могут снижать объем финансовых ресурсов, отвлекаемых Центральным Банком для резервирования необеспеченных кредитов, это даст возможность привлечь в инновационную сферу новые перспективные группы клиентов. При этом малые инновационные предприятия получают доступ к существенным денежным средствам.

В последнее время в ряде российских регионов стали создаваться гарантийные фонды, которые должны решать проблемы обеспечения кредитов малых предприятий в банковской сфере.

Для решения проблемы финансирования в инновационный бизнес необходимо привлекать денежные средства крупных производственных предприятий. На сегодняшний день крупные промышленные компании пока не заинтересованы в финансировании НИОКР. Изменить эту ситуацию можно только путем привлечения крупных покупателей инноваций из сырьевого сектора региональной экономики. Необходимо их заинтересовать инновационными проектами и привлечь к финансированию перспективных разработок.

Кроме того, важнейшим источником перспективного финансирования инновационной деятельности, а также быстрого обновления и внедрения передовых технологий является лизинг – способ, который обеспечивает деятельность по продвижению инновационного продукта на рынок путем нефинансового инвестирования материальных средств в процесс его создания. Поэтому в регионах необходимо создавать лизинговые организации, которые дадут возможность желающим предприятиям приобрести высокотехнологичное современное оборудование и коммерциализировать инновации на их территориях.

Неотъемлемой частью комплекса финансовых институтов могли бы стать страховые организации. Воздействие этих институтов на инновационное развитие двойственно: с одной стороны, страховые институты создадут «длинные» финансовые ресурсы, необходимые для инновационного процесса за счет накопления страховых резервов. С другой стороны, для частного бизнеса предлагаются стимулы в форме развитого инструментария страхования инноваций для вложения средств в исследования и разработки. Кроме того, эти финансовые институты помогут снизить высокие риски инноваций за счет создания системы перераспределения рисков между участниками инновационной деятельности. Так, созданная эффективная система страхования помогла бы решить проблему недофинансирования инновационной деятельности в российских регионах. Создание системы страхования инноваций будет способствовать снижению рисков, что повысит заинтересованность частных инвесторов в финансировании инновационной деятельности. Уже на российском рынке существует большая потребность в разнообразных страховых продуктах, которые бы были направлены на оптимизацию финансовых рисков инновационного предприятия. В этой связи в современных условиях необходимо развивать следующие направления страхования инновационных рисков:

1. Совместная работа страховых компаний и инновационных предприятий позволит открывать филиалы в третьих странах, что дает возможность заключить трехсторонние сделки между предприятием, его инвестором (если проект реализуется за счет заемных средств) и страховщиком.

2. Создание в российских регионах частного рынка в лице многонациональных страховых институтов. Эти компании не привязываются в квотировании рисков к рейтингу государства и рассматривают проекты как таковые. В зарубежных странах около 60% всех инновационных проектов реализуется по системе частного страхования в форме предоставления гарантии инвестору в отношении защиты его финансовых вложений. Такой способ является менее затратным, но при этом он содержит в себе ряд стимулов для национального страхового рынка. Так, российские страховые институты должны будут осваивать новые виды и технологии страхования инновационных рисков.

Внедрение этих направлений, с одной стороны, в значительной степени увеличит поступление финансовых ресурсов, направленных на поддержку инновации, что сформирует благоприятные условия для инновационного развития российских регионов. С другой стороны, будут повышены требования к качеству инновационных продуктов, увеличится доля инноваций, востребованных на рынке.

Огромный импульс в развитии финансовой инфраструктуры могут создать банки развития. На сегодняшний день практика показывает, что банки развития проявляют интерес прежде всего к крупным компаниям и их системообразующим проектам. Нетребовательные к ресурсам компании, а также небольшие по размерам не интересны банкам развития из-за небольшого масштаба получаемой отдачи, а также трудоемкости их администрирования, но именно эти компании и являются основой инновационной экономики. Президент Российской Федерации еще в 2007 г. подписал Закон о создании Банка развития. Однако до настоящего времени нет исчерпывающей информации об участии этого финансового института в крупных инновационных проектах, поэтому пока не представляется возможным говорить о его эффективной деятельности. Кроме того, капитал банка невелик, на сегодняшний день он составляет всего 32 млрд. руб., в то время как изначально планировалось, что к 2010 г. активы банка будут доведены до 231 млрд. руб. При этом зарубежный опыт свидетельствует о достаточно большой эффективной деятельности этого финансового института. Так, международные банки развития обладают большим капиталом (у китайского банка развития активы составляют 200 млрд. долл. [Терновская, 2014], а группе банков развития в Германии KfW Bankengruppe принадлежит 415 млрд. евро [Терновская, 2014]). Кроме того, у этих финансовых институтов очень легкий доступ к «длинным» финансовым ресурсам (для кредитования привлекаются средства пенсионных фондов и резервы коммерческих банков). При этом сроки предоставления кредитов составляют 10–15 лет под 3–5% годовых [Терновская, 2014]. В российских регионах банкам развития для их поддержки надо активизировать банковский сектор, в том числе посредством выделения коммерческим банкам кредитов на льготных

условиях для финансирования инновационных компаний, а также предоставления гарантий по инновационным кредитам.

Для эффективной работы финансовых институтов необходимо изменить подход к финансированию инновационных разработок. Так, для повышения результативности бюджетных фондов необходимо усовершенствовать действующую систему распределения грантов, сформировать прозрачные схемы финансирования инноваций, не допускать политического или административного вмешательства при распределении средств из бюджета, изменить подход к отбору инновационных проектов и оценке их результатов. Финансовые ресурсы должны выдаваться на развитие бизнеса, а не выполнение определенной работы. Результатом выполнения инновационного проекта должно быть появление нового продукта, технологии или снижение издержек, а не отчет о результатах исследования [Боткин, 2015].

Для совершенствования деятельности банковского сектора по финансированию инновационных разработок необходимо внедрить принципиально новые инструменты регулирования инновационной сферы как на федеральном, так и региональном уровне. Целесообразно перевести кредитные организации, которые финансируют инновационную деятельность на всех ее стадиях, на льготное налогообложение, кроме того, государственные и частные гарантии возврата кредитов необходимо обеспечить с помощью государственных дотаций, залога и др. Зарубежный опыт показывает, что коммерческие банки способны не только предоставить денежные средства участникам инновационной деятельности, но и объединить интересы всего спектра субъектов инновационного сектора. Главным сдерживающим фактором на сегодняшний день является отсутствие достаточных залогов, которые необходимы кредитным организациям для принятия положительных решений по финансированию.

Важной частью комплекса финансовых институтов инновационной инфраструктуры смогли бы стать институты рынка ценных бумаг, которые понизили бы высокую стоимость ресурсов для реализации инновационных проектов за счет использования инструментов и механизмов этого рынка. Так, целесообразно использовать такие способы привлечения финансовых средств: выпуск акций или облигаций; секьюритизация кредитов, выданных на реализацию инновационного проекта; секьюритизация активов предприятия. Однако сегодня они недостаточно задействованы.

Еще одним важным источником финансирования инноваций может стать участие компаний в международных проектах. Увеличить финансовые поступления из этого источника можно только созданием сети центров трансфера технологий с участием иностранных партнеров.

При совершенствовании системы финансовых институтов инновационной инфраструктуры необходимо учитывать, что важную роль играют не только организации, которые непосредственно финансируют разработки и внедрения инноваций, но и те организации, которые косвенно могут оказывать влияние на расширение возможности привлечения ресурсов в инновационную сферу.

Эффективная финансовая инфраструктура инновационной деятельности представлена на рис. 3.

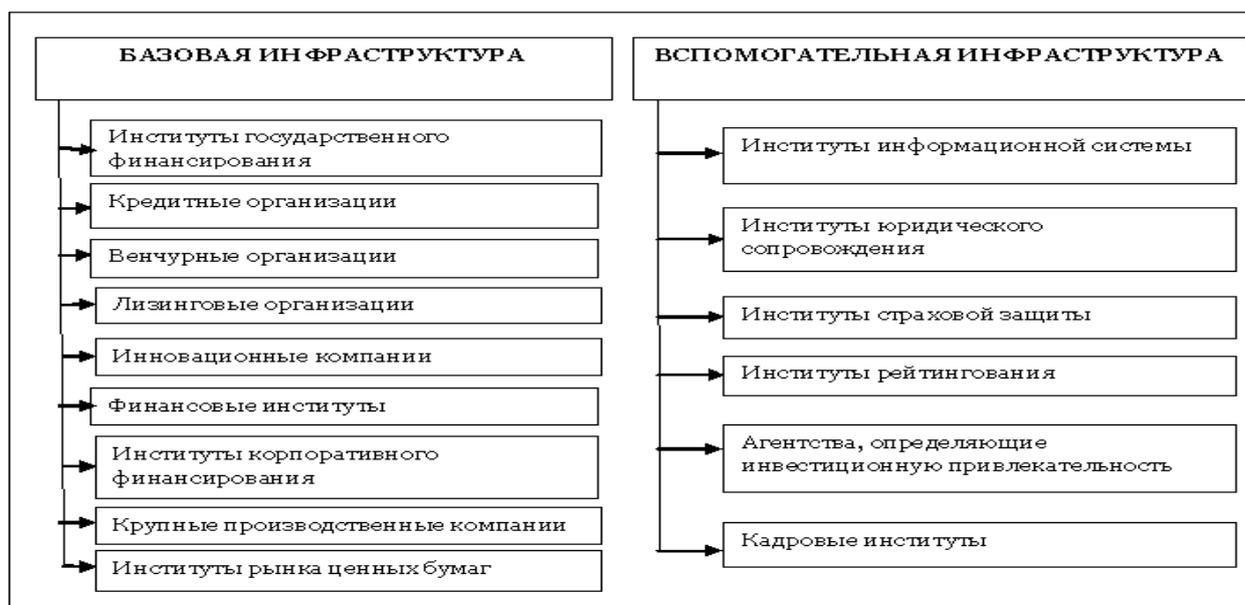


Рис 3. Финансовая инфраструктура инновационной деятельности  
Fig. 3. Financial infrastructure innovation

Представленная финансовая инфраструктура инновационной деятельности объединяет организации, которые смогут финансировать инновационные проекты и обеспечить непрерывный

поток финансовых средств на всех этапах его реализации, проводить оценку их эффективности, а также, координировать деятельность инновационных предприятий с целью формирования целостной сбалансированной системы, обеспечивающей необходимый уровень поддержки их на всех стадиях инновационного процесса. Это поможет повысить коммерциализацию инновационных результатов.

### Заключение

Таким образом, кардинальное изменение качества российских инноваций до уровня мирового класса возможно только при совершенствовании финансовой инфраструктуры инновационной деятельности [Строева, 2010]. Практика зарубежных стран с высоким уровнем инновационной активности показывает, что, создавая для инвесторов благоприятные условия в части инвестирования в инновации, государство получит больше эффекта при минимальных затратах.

Предлагаемая финансовая инфраструктура должна обеспечить комплексное использование финансовых инструментов в зависимости от потребностей инновационно-активных предприятий, а также сформировать систему перераспределения рисков между всеми участниками инновационной деятельности за счет развития страхования, привлечения гарантов, как государственных, так и частных, создания центров коммерциализации технологий, которые будут отбирать оптимальные инвестиционные проекты и частично нести ответственность за их реализацию и т.п.

Если такая финансовая инфраструктура будет создана в регионах, то можно с большой долей вероятности утверждать, что отдача проявится довольно быстро, поскольку инновационный задел уже есть. Выстраивание цепочки непрерывного финансирования обеспечит оптимальное использование финансовых ресурсов, что позволит создать целостную сбалансированную систему, которая обеспечит необходимый уровень поддержки на всех стадиях инновационного процесса всех участников, а это приведет к увеличению выпуска инновационной продукции и ускорит интеграцию России в мировую интеллектуальную элиту.

### Список литературы References

1. Давыденко Е.В. 2014. Становление инновационной модели развития российской экономики как результат глобального экономического кризиса. Ученые записки Международного банковского института. (2): 55–66.  
Davydenko E.V. 2014. An innovative model development of the Russian economy growth as a result of the global financial crisis. Academic notes of the International banking institute. (2):55–66.
2. Романовский М.В., Верхотурова Т.А., Вострокнутова А.И. 2011. Инновационные процессы в Российской Федерации: проблемы и тенденции развития. Монография. Санкт-Петербург, Изд-во МБИ: 84–105.  
Romanovsky M.V., Verkhoturova T.A., Vostroknutova A.I. 2011. Innovative processes in the Russian Federation: problems and trends. Monograph. St. Petersburg, International banking institute Publishing house: 84–105.
3. Официальный сайт Национального центра по мониторингу инновационной инфраструктуры научно-технической деятельности и региональных инновационных систем. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.miiris.ru/infrastruct/view\\_organizations.php?mplevel=22000&pplevel=2](http://www.miiris.ru/infrastruct/view_organizations.php?mplevel=22000&pplevel=2).  
Official website The National Centre for innovative infrastructure monitoring of scientific and technological activities and regional innovative system. [Electronic resource]. - URL: [http://www.miiris.ru/infrastruct/view\\_organizations.php?mplevel=22000&pplevel=2](http://www.miiris.ru/infrastruct/view_organizations.php?mplevel=22000&pplevel=2).
4. Парфенова Е.Н. 2015. Развитие элементов инновационной инфраструктуры региона. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Экономика Информатика. 19 (216) вып.36/1. – С. 14–20.  
Parfenova E.N. 2015. The development elements of the region's innovation infrastructure. Scientific statements Belgorod State University. Economy Informatics. 19 (216) vyp. 36/1. – P. 14–20.
5. Боткин И.О. 2015. Источники финансирования инновационной деятельности. Вестник удмуртского университета. Экономика и право. вып.1. – С. 19–23.  
Botkin I.O. 2015. Sources of innovation funding. Bulletin of Udmurt University. Economics and Law. vyp. 1. – P. 19–23.
6. Лиман И.А., Журавкова И.В. 2012. Развитие и проблемы финансирования венчурного бизнеса в современной экономике России. Вестник Тюменского государственного университета. 3. – С. 142–150.  
Zimin I.A., Zhuravkova I.V. 2012. Development and problems of financing a business venture in the modern Russian economy. Bulletin of Tyumen State University. 3. – P. 142–150.
7. Строева О.А. 2010. Развитие инновационной инфраструктуры региона. ИнВестРегион. 4. – С. 48–53.  
Stroeva O.A. 2010. Development of Innovative Infrastructure of the Region. InVestRegion. 4. – P. 48–53.
8. Терновская Е.П. 2014. Банки развития: зарубежный опыт и российская практика. Финансы и кредит. 14 (302). – С. 81–88.  
Ternovskaya E.P. 2014. Development banks: foreign experience and the Russian practice. Finance and credit. 14 (302). – P. 81–88.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И УСПЕШНЫЕ ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 005.35(043)

## ОБЩЕСТВЕННО-СОЦИАЛЬНЫЙ ОБРАЗ КАК ЧАСТЬ КОРПОРАТИВНОГО ИМИДЖА КОМПАНИИ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ КОНЦЕПЦИИ СОЦИАЛЬНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

### SOCIAL IMAGE AS A PART OF CORPORATE IMAGE IN THE DEVELOPMENT OF SOCIAL RESPONSIBILITY'S CONCEPT

**И.А. Морозова, Ю.А. Курбатова, А.Ю. Погорелова**  
**I.A. Morozova, J.A. Kurbatova, A.J. Pogorelova**

*Волгоградский государственный технический университет,  
Россия, 400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, 28*

*Volgograd State Technical University, 28, Lenina avenue, Volgograd, 400005, Russia*

*E-mail: annayu\_2011@mail.ru*

*Аннотация.* В статье представлен анализ подходов к выделению понятия «социальный имидж» в рамках изучения общественно-социального образа компании среди внутренних и внешних взаимодействий с использованием PEST-анализа. Основываясь на проведенном анализе, предлагается вывод относительно высокой значимости концепции корпоративной социальной ответственности в определении и следовании основными взаимосвязями предприятия в рыночной среде. Так, авторам удается определить роль социального имиджа как неотъемлемого элемента корпоративного имиджа современной компании, следующей принципам корпоративной социальной ответственности и заботящейся о своей положительной деловой репутации.

*Resume.* The article presents an analysis of approaches to the allocation of the concept of «social image» in the study of social image of the company among the internal and external interactions, using a PEST-analysis. Based on this analysis, its conclusions regarding the high importance of corporate social responsibility concepts in defining the basic relationships of the enterprise in the market environment. Thus, the authors manage to define the role of the social image as an integral part of the corporate image of a modern company that follows the principles of corporate social responsibility and caring for their goodwill.

*Ключевые слова:* имидж, социальный образ, PEST-анализ, корпоративная социальная ответственность, потребители, социальная акция, деловая репутация.

*Keywords:* image, social image, a PEST-analysis, corporate social responsibility, consumers, social action, goodwill.

## Введение

Образ или имидж компании представляет собой непростой для постижения объект, включающий достаточно крупное число структурных элементов. Каждый из них оказывает воздействие на степень взаимодействия компании с внешним окружением. Специальную востребованность в современных условиях хозяйствования приобретает общественно-социальный образ компании. Именно он все в большей степени формирует суждение покупателей продукции, товаров или услуг у различных групп корпоративной аудитории, в которую входят работники, органы власти, конкуренты и соперники, партнеры по бизнесу, весь социум в совокупности.

Общественно-социальный образ компании является частным случаем, проявлением, комбинированной частью организационного образа, складывающегося под влиянием ощущений социума от непрофильной деятельности компаний. Это именно те ощущения, которые не связаны с качеством товаров, услуг, размерами рынка. Общественно-социальный образ связан с такими представлениями как первенство, порядочность, уважение к компании, общественно-социальная ответственность, общественно-социальное представление и социальный капитал.

Усиливающееся внимание к непрофильным областям деятельности компании связано с образованием социума нового типа – информационного общества. Смена приоритетов в обществе в отношении производства выразилась посредством плавного перемещения акцента из области производства физических ценностей в область производства информационного продукта. В данном случае понятие «информационный продукт» предусматривает следующую трактовку: информацию – не как объект продажи, а как средство для продажи продукта. Маркетинговая информация не движется только в одном направлении – от продавца к клиенту, – ее движение беспорядочно и слабо подвержено контролю и руководству. Покупатели получили неоценимые по масштабу вероятности для обмена умениями, суждениями и ощущениями от потребления товаров, продукции и услуг. Возникла вероятность обратной связи.

В настоящее время происходит смена ценностей в обществе. Общественность предпочитает получать от компаний решения не только экономических, но и общественно-социальных задач: появляются и активизируются общества защиты прав покупателей и прочие предприятия, причем их действия становятся все больше разносторонними, рассматривающими интересы самых разных покупателей. При этом все большее внимание привлекают не производственные описания и характеристики, а те сферы работы компании, которые не связаны с ее постоянной деятельностью, что способствует формированию суждений на основе возникшего интереса.

### Исследование

Под имиджем компании в первую очередь подразумевается ее обобщенный портрет, тот, что создается в представлении самых различных групп общественности на основании того, что она придает огласке и, исключительно, что производит. Дефиниция образа компании в границах тех либо иных взаимодействий является ключевым этапом в определении образа в совокупности. Выделение общественно-социального образа в структуре имиджа компании – главная задача, поставленная перед научным изысканием данной статьи.

Для определения роли социального имиджа, который по сути и является общественно-социальным образом компании, предлагается два варианта анализа: от дефиниции представления общественно-социального образа к его месту в структуре имиджа компании, либо от места общественно-социального образа к его дефиниции. Оттого что категория общественно-социального образа компании не имеет довольно теоретической проработки на сегодняшний день, предлагается второй способ анализа.

Таким образом, существует довольно многочисленный теоретический и утилитарный материал в области типологизации образа компании, некоторые исследователи пытались обозначить место общественно-социального образа компании в науке и дать ему дефиницию. Существуют следующие модели типологизации социального имиджа или образа следующих авторов: Б. Джи, И.В. Алешина, Е. Богданова и В. Зазыкина, М.В. Томилова, В.Д. Шкардун и Т.М. Ахтямова. Перечисленные авторы предлагают фактически один подход к типологизации имиджа, а именно: выделение социальных групп из окружения компании по характеру и контенту их взаимодействия с этой компанией: образ товара, образ покупателя товара, образ персонала, визуальный образ, общественный образ. Типологизацией с особенно высокой степенью обобщения является распределение образа на внешний и внутренний.

Развивая способ изучения понятия «социальный имидж», использованный перечисленными авторами, в данной статье применено следование их логике выделения типов образа и имиджа компании. Но наиболее актуально применение структурного и многофункционального критерия типологизации. В качестве такого критерия, была применена признанная и ставшая классической модель конструкции и построения факторов внешней среды, называемая PEST (Political, Economic, Social, Technological) исследование [Опокин, 2014]. Критерием выделения типов образа компании в этом случае станет направление деятельности предприятия, в ходе которой создается особенный для данного направления образ компании. Модель PEST-анализа представлена на рис. 1. Она включает в себя различные элементы окружения компании, которые оказывают непосредственное воздействие на формирование как корпоративного имиджа предприятия, так и на его социальную составляющую.

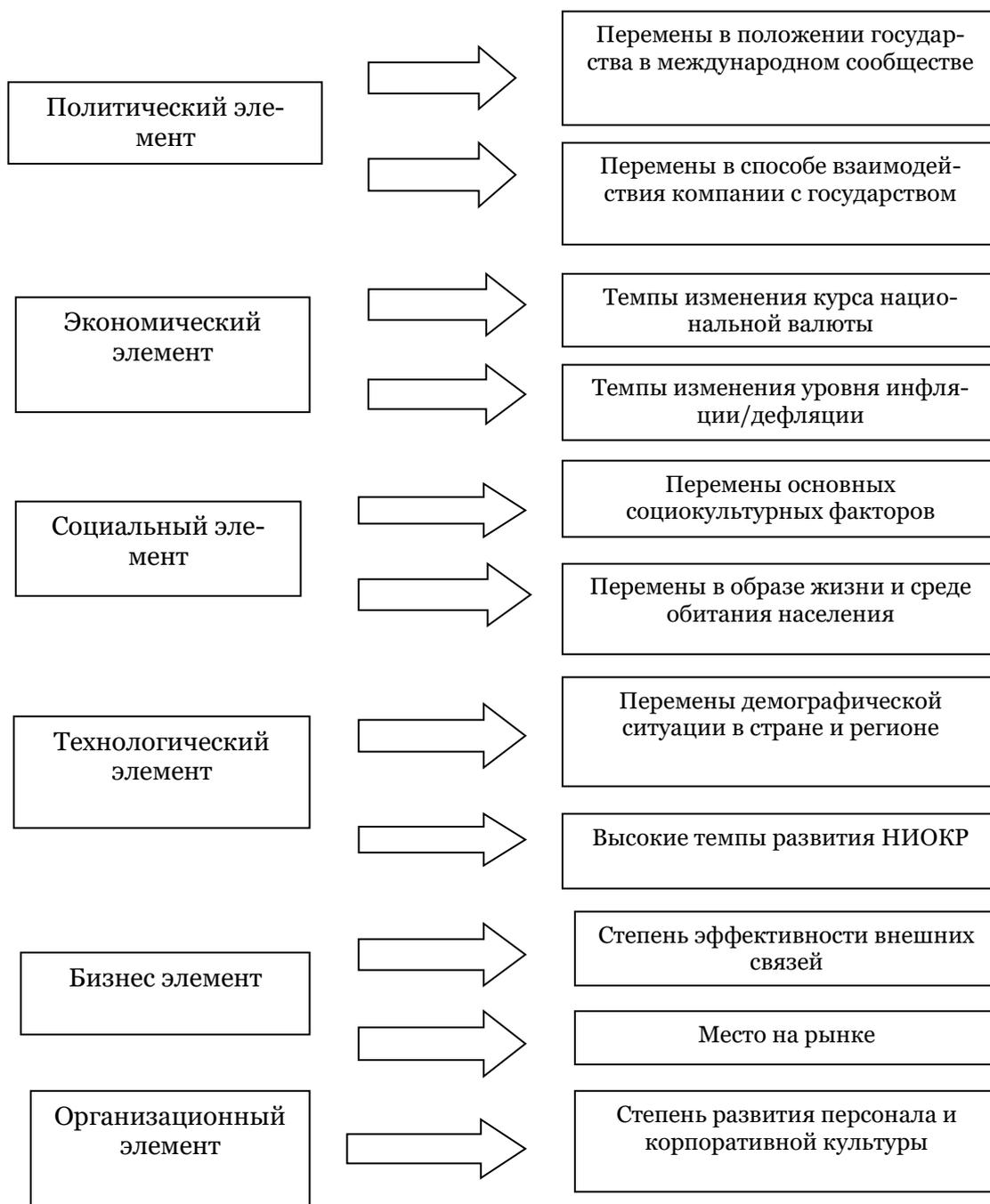


Рис. 1. Элементы внешней среды PEST-анализ  
Fig.1. Elements PEST-analysis of the external environment

Авторская модель близка по принципу построения и содержанию ранее рассмотренным. Предложенная типология содержит все элементы, воздействующие на процесс формирования социального имиджа компании, но облакает их в завершённую форму, посредством которой исследуемое понятие может быть подвержено всестороннему анализу. В исследованиях научных работников социальный имидж – элемент всех существующих структурных типологий. Однако, наиболее актуальным определением данного понятия является дефиниция, опосредованная с помощью PEST-анализа. Итак, PEST-анализ имеет итогом данное определение: социальный имидж как общественная оценка ответных действий компании на изменения в базовых ценностях общества, стиле и уровне жизни; оценка отношения компании к труду и отдыху, реакция на демографические изменения; представление компании в СМИ [Опокин, 2014].

Из представленного определения был сделан такой вывод, что выделение социального имиджа в структуре имиджа компании строится на факторах следования компании нуждам и потребностям общества, соблюдения общественно-этических норм, открытости и ответственности

принципов ведения бизнеса. Подобная трактовка социального имиджа неуклонно подводит к понятию гораздо более широко известному и изученному, а именно к концепции корпоративной социальной ответственности (КСО).

Обращение к доктрине корпоративной социальной ответственности целесообразно по ряду причин. Во-первых, смысл доктрины КСО заключается в определении и следовании интересам разных заинтересованных сторон: корпоративная социальная ответственность – это доктрина, в соответствии с которой предприятия рассматривают интересы социума, принимая ответственность за воздействие их деятельности на клиентов, подрядчиков, работников, акционеров, местные сообщества и прочие заинтересованные стороны социальной сферы [Братющенко, 2005].

Целенаправленность общественной ответственности может быть представлена ориентацией на положительное взаимодействие с внешней средой и на совершенствование обстановки внутри компании. Внешнее взаимодействие стимулирует процветание внешней результативности, а внутреннее – возрастание производительности внутренних бизнес-процессов как за счет роста квалификации персонала, так и за счет возрастания мотивации к реализации этой квалификации в процессе деятельности компании. Данный вариант напрямую затрагивает интересы построения типологии на основе сфер интересов.

Во-вторых, представляя экстраординарно общественное явление, образ предполагает наилучшее постижение через призму субъекта восприятия. Доктрина КСО предлагает видение среды функционирования компании как общности субъектов восприятия. Применение доктрины является рациональным также в связи с тем, что тезисы КСО по дефиниции отвечают критериям имиджевого объекта: важность и публичность. Развивая социальную ответственность, компании следует принимать во внимание три основные взаимосвязи: между предприятием и обществом, между предприятием и ее заинтересованными сторонами, между заинтересованными сторонами и социумом [Опокин, 2014].

С точки зрения организационного образа, «социум» и «заинтересованные стороны», предложенные в модели, являются субъектами образа. В процессе взаимодействия эти субъекты сравнивают итоги деятельности предприятия с личными ожиданиями и интересами. На основании данного сравнения формируется определенный образ предприятия. Приведенные подходы предлагается анализировать как эволюционные стадии становления предприятия в сфере общественно-социальной ответственности. Применяя определенные методологии, допустимо обозначить, на какой стадии находится предприятие в определенный момент времени и в каком направлении оно развивается. Социальная ответственность частных компаний – это определенный этап социального развития компании и добровольная реакция на общественно-социальные проблемы социума. Эта реакция заключается в соблюдении законодательно установленных норм в обществе и осуществление различных действий даже сверх установленных моральных норм. Следовательно, представляется возможным составить модель подходов к социальной ответственности частных компаний с точки зрения влияния на ее уровень основных сфер жизнедеятельности общества. Данная модель представлена на рис. 2.



Рис. 2. Подходы к определению ответственности бизнеса  
Fig. 2. Approaches to the definition of corporate responsibility

Итогом данных выводов является, что разные этапы развития общественно-социальной ответственности представляют собой комбинации требований и ожиданий к бизнесу со стороны социума и государства и финансовой целесообразности или нецелесообразности общественной активности для бизнеса. Чем выше этап общественно-социальной ответственности у компаний, тем крупнее добровольно принятые обязательства компании. В соответствии с этим существует возможность представить социальную ответственность в виде пирамиды по уровням развития и становления общественно ответственного поведения (рис. 3).



Рис. 3. Уровни социальной ответственности  
Fig. 3. Levels of social responsibility

Делая выводы по короткому обзору концепции социальной ответственности, фактом является то, что существует три уровня развития социальной ответственности: законодательная, экономическая и социальная или общественная. При этом любой этап подразумевает социальную целенаправленность действий компании, но с различной мотивацией. Другими словами, КСО представляет все действия компаний через призму общества и проводит в них социальную составляющую. Подлинно при широком анализе действий любая компания значительно вовлечена в факторы внешней и внутренней среды, которые по сути являются разными группами общественности, представителями общества [Братющенко, 2005].

Помимо того, подобно деталям образа, способным перемещаться из спокойного статического состояния в энергичное, индивиды, представители общества также способны переходить из одной группы общественности в другую. Таким образом, распределение общественности на группы, на факторы среды, является лишь умозрительным и представляется рациональным лишь в среднесрочных планах становления предприятия. Планы же долгосрочного тактического становления неотвратимо должны строиться, в первую очередь, из соображений взаимодействия с обществом в совокупности как цельным организмом и средой. Опираясь на вышесказанное, на рис. 4 предлагается графическая модель образа предприятия.

Представление данной модели разрешает несколько задач. Во-первых, первое предположение об определении общественно-социального образа компании впервые проявляется. Предложенная дефиниция отличается достаточно общей трактовкой представления, но содержит такие важнейшие описания представления как данные образования самого имиджа, субъекта и признака деятельности, осуществляемой предприятием.

Во-вторых, предлагается модель типологии образа или имиджа компании наивысшего этапа обобщения факторов внешней среды. Но и колоритно будет обозначить предложенную модель как «модель общественных ролей предприятия». Подлинно, задача, которую удалось решить, превосходит создание некоторых типологий имиджа. На основании КСО удалось выделить три ключевых роли любого предприятия и осознать соотношение этих ролей в нем. Типы имиджа, обозначенные в модели, являются итогом выполнения компанией своих ролей.

Доминирование общественного образа в графической модели может быть расценено как условное и неестественное выделение предмета изыскания. Впрочем, сходственное ударение на социальном имидже и на общественной роли компании абсолютно обосновано. Как упоминалось ранее, ориентация на общественное, на социум в совокупности, является долгосрочной и особенно обширной задачей любой компании. Общественная роль выполняется и в прикладных, операционных действиях компании, умышленно либо неумышленно.



Рис. 4. Структура имиджа компании  
Fig. 4. The structure of the company's image

С точки зрения факторов окружающей среды, действия компании направлены на следование темпам технологического становления и тяготению опередить соперников за счет своевременного применения итогов НИОКР, тем самым исполняя экономическую роль, взаимодействуя с бизнес окружением. Но совместно с тем очевидна общественная роль компании, финансирующей научные изыскания. Следовательно, данные итоги будут каким-либо образом оценены общественностью, что неотвратимо скажется на имидже компании и на его социальной составляющей.

Общественный образ предприятия – представления широкой общественности об общественных целях и роли предприятия в экономической, общественной и культурной жизни социума [Ахтямов, Шкардун, 2001]. Общественный образ формируется посредством информирования общественности об общественных аспектах деятельности предприятия, таких как спонсорство, благотворительность, помощь социальным движениям, участие в решении проблем экологии, занятости, здравоохранения, содействие определенным лицам. Социальное суждение – это общность представлений, оценок и мнений объективного для общества смысла, разделяемых населением либо его частью. Именно социальные суждения, посредством которых формируется общественное мнение, являются основой для определения целей социального имиджа, которые представлены на рис. 5.

Все усилия, направленные на образование социального суждения, образуют определенные процессы оценивания, мнения, представления об предприятии, настроения, то есть создают и поддерживают организационный образ. Отношение общественности к предприятию может быть опосредовано сформировавшимся отношением к системе, в которую включено предприятие как составляющая. Таким образом, прослеживается отчетливая связь компоненты всеобщего имиджа предприятия с компонентой «общественный образ» предприятия. Процесс общественного руководства нецелесообразно осуществлять без заблаговременного планирования, дефиниции целей и постановки задач. Это крайне необходимо для того, чтобы отчетливо представлять, что именно должно быть сделано, в какой последовательности, в какие сроки, с применением каких резервов. Процесс целеполагания неизменно содержит элемент прогнозирования – предвидения состояний, изменений, которые ожидаются в итоге становления данной общественной системы [Лапыгин, Лапыгин, 2010].

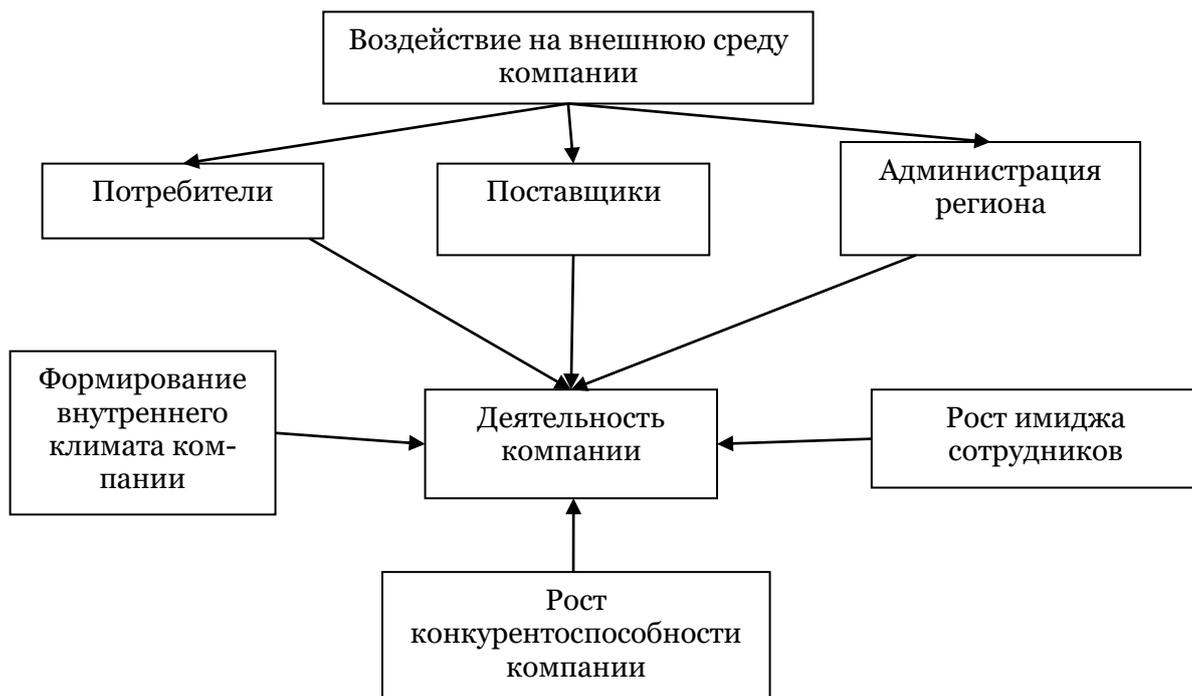


Рис. 5. Цели социального имиджа  
Fig. 5. The objectives of the social image

Проектирование – это непрерывный процесс применения новых способов и методов улучшения деятельности предприятия за счет выявленных вероятностей, условий и факторов. Следственно, планы должны изменяться в соответствии с определенной обстановкой. Любое управленческое решение полагает определенное предвидение, оттого что этим решением проектируется действие в будущем. Прогноз, как форма общественного предвидения, описывает допустимую степень достижения тех либо иных целей в зависимости от метода действий. Проектирование как функция общественного руководства обозначает методы, способы достижения поставленных целей. Следовательно, формирование социального имиджа в немалой степени основано на проектировании и представляет собой процесс, в основе которого лежит механизм мышления и проектирования реализации потребности среднестатистического потребителя, отраженный на рис. 6.

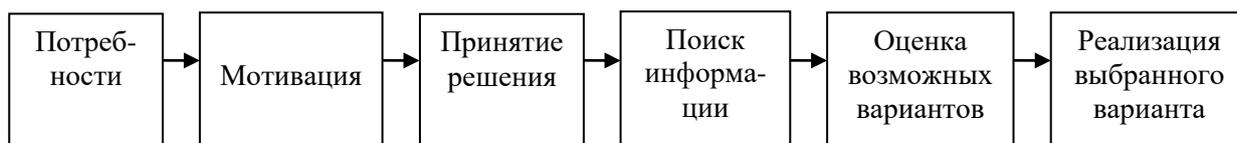


Рис. 6. Процесс формирования социального имиджа компании  
Fig. 6. The process of formation of the social image of the company

### Результаты исследования

Таким образом, в данной статье рассмотрены все необходимые компоненты корпоративного имиджа с точки зрения социального воздействия, которое позволяет выделить социальную составляющую в структуре корпоративного имиджа. Следовательно, модель корпоративного имиджа, представленная на рис. 7, демонстрирует взаимосвязь элементов и факторов, на них влияющих, с выделением отдельной социальной составляющей.

Социальная акция – один из видов общественной деятельности, целями которой являются:

- привлечение внимания социума к актуальной общественной задаче или проблеме, волнующей конкретную группу населения или органы государственной власти посредством распространения информации;
- изучение взаимоотношений социума, различных его групп, органов исполнительной и законодательной власти к существующей социальной проблеме;

- распространение информации среди различных групп населения;
- содействие образованию социального сознания [Томилова, 2005].

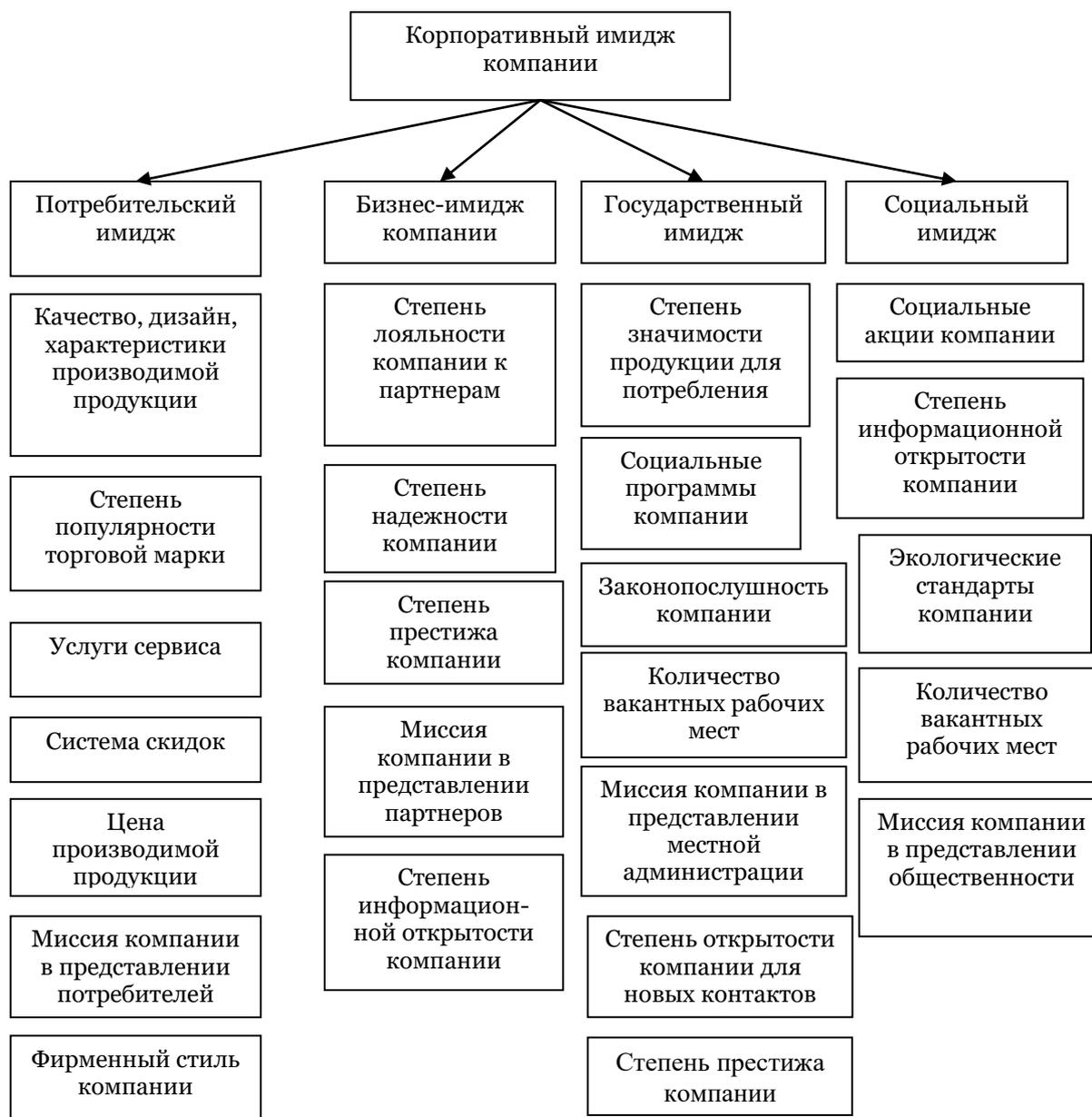


Рис. 7. Модель корпоративного имиджа компании  
Fig. 7. Model of corporate image of the company

Процесс подготовки социальной акции представлен на рис. 8.

Социальная акция как целенаправленное действие имеет субъекты и объекты. Субъектами социальной акции выступают государственные, торговые и социальные предприятия, объединения, учреждения, органы исполнительной власти, предприятия-партнеры, меценаты, физические лица.

Объекты социальной акции – различные общественные группы населения, органы исполнительной и законодательной власти, граждане определенной территории. В текущее время существует несколько видов социальных акций:

- исследовательские: проведение опроса различных групп населения;
- рекламные: PR планируемого мероприятия;
- благотворительные: сбор денежных средств для передачи их целевой группе;
- социально-педагогические, воздействующие на процесс изменения сознания, поведения, взаимоотношения определенной категории населения к общественной проблеме;
- социально-профилактические, контентом которых является предупреждение обстановки общественной запущенности молодежи;

- патриотические, воспитывающие ответственное отношение к Родине, ее истории;
- социокультурные, влияющие на этап развития культуры, воспитывающие интерес к своей национальной культуре и культуре других народов, актуализирующие важность народных праздников, традиций и обычаев;
- социально-правовые, содействующие возрастанию этапа правовой культуры различных групп населения;
- трудовые, содействующие реформированию, улучшению общественного пространства посредством общественно-важной трудовой деятельности.

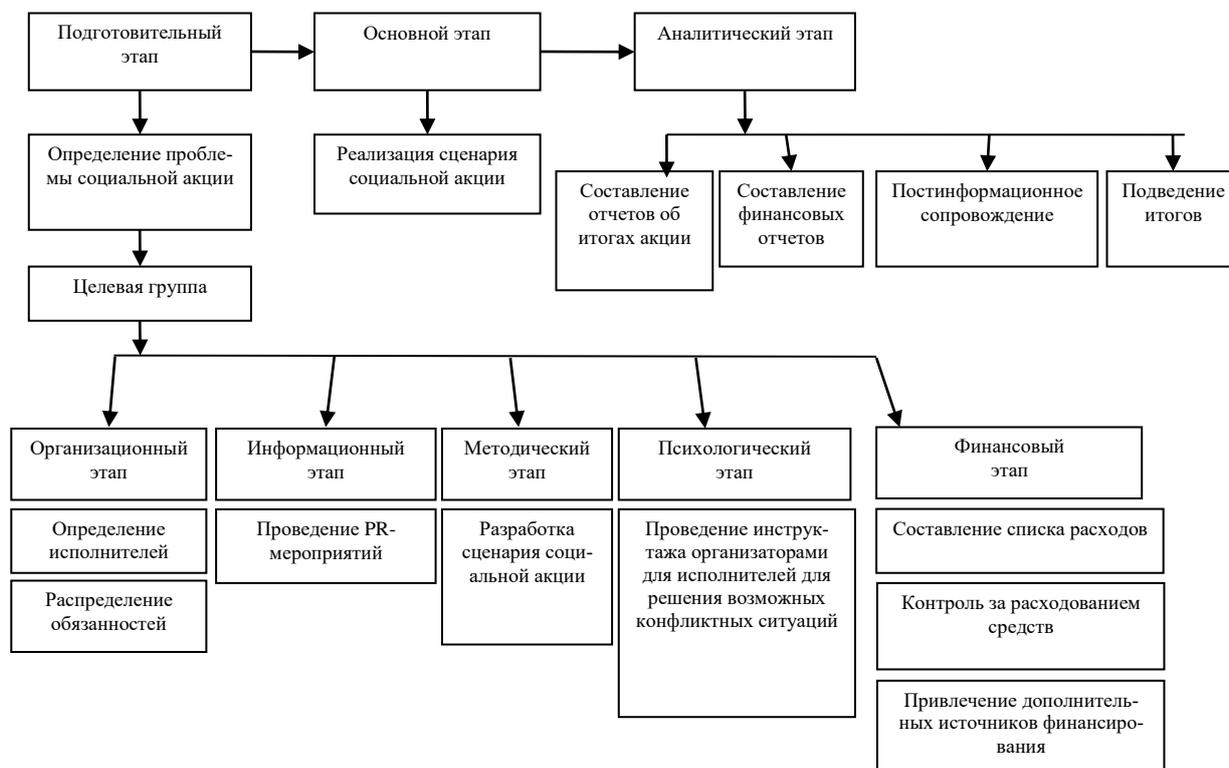


Рис. 8. Этапы проведения социальной акции  
Fig. 8. Stages of social action

При проведении социальной акции следует руководствоваться следующими тезисами:

- тезис индивидуальной и общественной ответственности. Личная ответственность – это ответственность за возложенное задание, которое является звеном всеобщего дела. Безответственное выполнение возложенного задания поставит под угрозу результативность и эффективность каждой акции. Общественная ответственность – осознание того, что концептуальные идеи, контент, форма, спецтехнология проведения акции, ее итоги не оказали негативного воздействия на целевую группу;
- принцип максимизации общественных резервов: внедрение резервов, усилий государственных, социальных, торговых и иных предприятий, учреждений, партнеров, спонсоров по решению целей и задач социальной акции;
- принцип учета возрастных, индивидуальных, социокультурных особенностей целевой группы, иных условий проведения социальной акции;
- принцип коллективности. Социальные акции – коллективные действия. Усилиями одного субъекта ее реализовать невозможно. Следственно значимо, чтобы каждый член команды отчетливо представлял и всеобщий план сценария, и задачи собственного участка работы в границах акции. Коллективные взаимоотношения иерархичны и выстраиваются по типу соподчинения: организатор – исполнитель. Основополагающими описаниями командных отношений являются партнерство и сотрудничество;
- принцип самореализации. Участие в общественных акциях создает основу для творческой самореализации, предоставляет возможность проявить таланты в различных сферах деятельности;
- принцип обратной связи. При проведении социальной акции необходимо убедиться в требуемом воздействии на целевую аудиторию и получить отдачу в виде проявления ожидаемых результатов;

- принцип наглядности и зрелищности. Реализация данного тезиса может обеспечиваться: специальной экипировкой участников команды акции, плакатным, музыкальным и другим оформлением.

### Выводы

Таким образом, социальный имидж компании является важной составляющей корпоративного имиджа компании. Основой реализации социального имиджа является проведение социальных акций, которые являются главным механизмом развития социального имиджа. Основными факторами формирования социального имиджа компании являются социальная ориентация миссии компании и общественное мнение, которое складывается посредством оценки проводимых компанией социальных акций, принимаемых экологических стандартов и степени информационной открытости компании. Социальный имидж компании является важным компонентом деловой репутации компании, так как в условиях приобретения повышенной популярности концепции социальной ответственности, общественно-социальная ориентация компании является значимым показателем не только для общественности, но и для партнеров, конкурентов компании и для органов государственной власти. Посредством реализации концепции социальной ответственности компания расширяет свой потенциал как в отношении дополнительных клиентов и потребителей, так и в отношении увеличения доли на рынке.

### Список литературы References

1. Ахтямов Т.М. 2001. Оценка и формирование корпоративного имиджа предприятия. Маркетинг в России и за рубежом. № 1. – С. 7.  
Akhtyamov T.M. 2001. Otsenka i formirovanie korporativnogo imidzha predpriyatiya. Marketing v Rossii i za rubezhom. № 1. – S. 7.
2. Братющенко С.В. 2005. Социальная ответственность предпринимательства. Актуальные проблемы социально-экономического развития: взгляд молодых ученых. № 16. – С. 9–11.  
Bratyushchenko S.V. 2005. Sotsial'naya otvetstvennost' predprinimatel'stva. Aktual'nye problemy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya: vzglyad molodykh uchenykh. № 16. – S. 9–11.
3. Лапыгин Д.Ю. 2010. Стратегический менеджмент. – ЭКСМО: 242.  
Lapygin D.Yu. 2010. Strategicheskiy menedzhment. – EKSMO: 242.
4. Опокин В. 2014. Социальный имидж в структуре имиджа организации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.marketing.spb.ru/lib-comm/pr/social\\_image.htm](http://www.marketing.spb.ru/lib-comm/pr/social_image.htm).
5. Опокин В. 2014. Sotsial'nyy imidzh v strukture imidzha organizatsii [Elektronnyy resurs]. – URL: [http://www.marketing.spb.ru/lib-comm/pr/social\\_image.htm](http://www.marketing.spb.ru/lib-comm/pr/social_image.htm).
6. Томилова М.В. 2005. Модель имиджа организации. Маркетинг в России и за рубежом. № 9. – С. 12.  
Tomilova M.V. 2005. Model' imidzha organizatsii. Marketing v Rossii i za rubezhom. № 9. – S. 12.

УДК 339.138:332.122

**О РОЛИ БРЕНД-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ МОДЕРНИЗАЦИИ  
ЭКОНОМИКИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РЕГИОНОВ****ON THE ROLE OF BRAND-TECHNOLOGIES IN THE PROCESS  
OF MODERNIZATION OF ECONOMY OF RUSSIAN REGIONS****М.В. Селюков**  
**M.V. Selyukov***Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85**Belgorod State National Research University, 85, Victory St.,  
Belgorod, 308015, Russia**E-mail: Selyukov@bsu.edu.ru*

*Аннотация.* В статье рассматриваются вопросы, связанные с использованием и развитием бренд-технологий на региональном уровне в условиях модернизации отечественной экономики. Описываются сущность и содержание брендинга как маркетинговой технологии и его роль в повышении инвестиционной привлекательности региона, зарубежные и отечественные подходы к процессу формирования бренда региона. Определены пути и направления повышения эффективности брендинга на региональном уровне (на примере Белгородской области).

*Resume.* The article discusses issues related to the use and development of brand technologies at the regional level in the conditions of modernization of the domestic economy. Describes the essence and content of branding as a marketing technology and its role in improving the region's investment attractiveness, foreign and domestic approaches to the process of forming of brand of region. The ways and directions of increase of efficiency of branding at the regional level (on example of Belgorod region).

*Ключевые слова:* бренд региона, брендинг, бренд-технологии, имидж региона.  
*Keywords:* brand of the region, branding, brand technology, the image of the region.

---

**Введение**

Переход российской экономики на инновационный принцип развития в условиях непрекращающихся антироссийских санкций требует постоянного совершенствования управленческого инструментария, используемого для достижения желаемых социально-экономических результатов, особенно на региональном уровне. Связано это с тем, что общее развитие любого государства следует рассматривать в контексте отдельных его административных единиц. Другими словами процветание нашей страны в первую очередь зависит от развития ее регионов. Вследствие этого требуемое именно сейчас наращивание конкурентных преимуществ во всех сферах и секторах экономики отечественных регионов возможно только в результате использования современных маркетинговых технологий.

Именно технологизация маркетинговой деятельности позволит сориентировать региональную экономику на потребности населения, привлечь новых экономических агентов, инвесторов, способствующих социальному и экономическому процветанию региона в целом. Обладая наибольшей креативной, творческой составляющей, а также более высоким уровнем вариативности, маркетинг как наука и как вид деятельности дает возможность рационально конструировать адаптивные маркетинговые технологии для решения любой проблемы, связанной с региональным развитием [Шалыгина, Селюков, 2014].

Брендинг как маркетинговая технология становится все более популярным инструментом в системе регионального управления, более того – важнейшей частью стратегического подхода к развитию региональной экономики. Данный факт вполне очевиден, так как эпоха «информационной экономики» заставляет пересматривать отношение к основополагающим источникам благосостояния. Если раньше к их числу относились только материальные активы (земля, рабочая сила, капитал), то на современном этапе в стратегию социально-экономического развития любого реги-

она все глубже проникают такие понятия, как «нематериальные активы», «бренд», «брендинг» [Камышанченко, Селюков, Шалыгина, Шок, 2015].

Исследованиям вопросов, связанным с процессом разработки бренда на региональном уровне, в последнее время уделяется достаточно много внимания. Особое место среди них занимают исследования, в основе которых лежит утверждение, что территории, как и компании, продают товары и услуги, в числе которых могут быть объекты для инвестиций, туризм, товары местного производства и т. п., что обосновывает использование маркетинговых технологий для всестороннего продвижения территорий [Kotler, Haider and Rein, 2005]. Вследствие этого для создания привлекательного бренда необходимо с помощью маркетинга территорий постоянно совершенствовать специальные комплексы мер [Kotler and Gertner, 2002]. По мнению С. Анхольта, это требует формирования нацеленных и сфокусированных инноваций, разработки комплексного, диверсифицированного подхода к брендингу территорий в противовес специализированному, сфокусированному на каком-то одном аспекте (например, туризме) [S. Anholt, 2004].

Следует также выделить исследования Р. Синклера и К. Келлера, посвященные вопросам интенсивного развития брендинга региона как технологии регионального маркетинга, систематизации факторов, влияющих на этот процесс. В частности, в этих трудах проводится связь между развитием брендинга территорий и повышением мобильности людей и фирм, ростом индустрии туризма, усилением коммуникационных обменов, необходимостью создания и поддержания позитивного имиджа регионов, который мог бы увлечь людей, побудить их к посещению «раскрученных» мест и долгосрочным инвестициям [Sinclair and Keller, 2014].

В трудах Д. Аакера, Э. Йохимштайлера особое внимание уделяется исследованию процессов формирования ассоциаций, вызываемых брендом региона у населения, ценностей бренда в глазах общественности [Aaker and Joahimsthaler, 2009]. Результаты анализа особенностей формирования брендов на макро- и мезоуровнях в РФ отражены в исследованиях Д. Гуриной [Гурина, 2011], Н. Моисеевой и И. Барановой [Моисеева, Баранова, 2010], А. Михайлова [Михайлов, 2014], Г.Ю. Никифоровой [Никифорова, 2011] и др.

### Результаты исследования

Сегодняшнее социально-экономическое положение в стране как никогда остро высветило проблему использования на региональном уровне эффективных методов и технологий управления развитием территорий, улучшения их экономического климата и инвестиционной привлекательности. Оценивая лучшие зарубежные практики, необходимо отметить, что особое место в управленческом арсенале оптимизации политики по привлечению инвестиций в регион занимают именно бренд-технологии как совокупность целеориентированных процедур и операций с последующей их регламентацией по формированию и развитию бренда региона, позволяющего создать устойчивые конкурентные преимущества территории.

К сожалению, во многих отечественных регионах практика продвижения бренда представляла собой и до сих пор носит характер модного тренда российской региональной политики, где во главу угла ставится ориентация на текущий момент, получение высоких социально-экономических результатов «здесь и сейчас». Однако продвижение бренда региона – это всегда ориентир на перспективу, в будущее. Данная маркетинговая технология требует, прежде всего, стратегического подхода к ее реализации, что, несомненно, будет способствовать росту репутационного капитала региона.

Разработка стратегии и программы комплексного продвижения бренда позволяет оптимизировать бюджетные и внебюджетные расходы на информационные, социокультурные, спортивные и другие проекты, которые в любом случае происходят в городах и регионах. При комплексном подходе результаты реализации данных проектов не являются разрозненными, а целенаправленно синтезируются в усиление бренда, развитие положительного образа региона и его руководителей в восприятии целевых аудиторий: органов федеральной власти, российских и зарубежных инвесторов, ассоциаций бизнеса, институтов гражданского общества, средств массовой информации [Михайлов, 2014].

Актуальность совершенствования бренд-технологий и их использования на региональном уровне в настоящее время подтверждается отрицательными тенденциями, характеризующими инвестиционную привлекательность отечественных регионов. В частности, рейтинг инвестиционной привлекательности регионов России, подготовленный рейтинговым агентством RAEX (Эксперт РА) [Исследование инвестиционного климата регионов России, 2015], свидетельствует об ускоренном росте всех видов инвестиционных рисков (рис. 1).

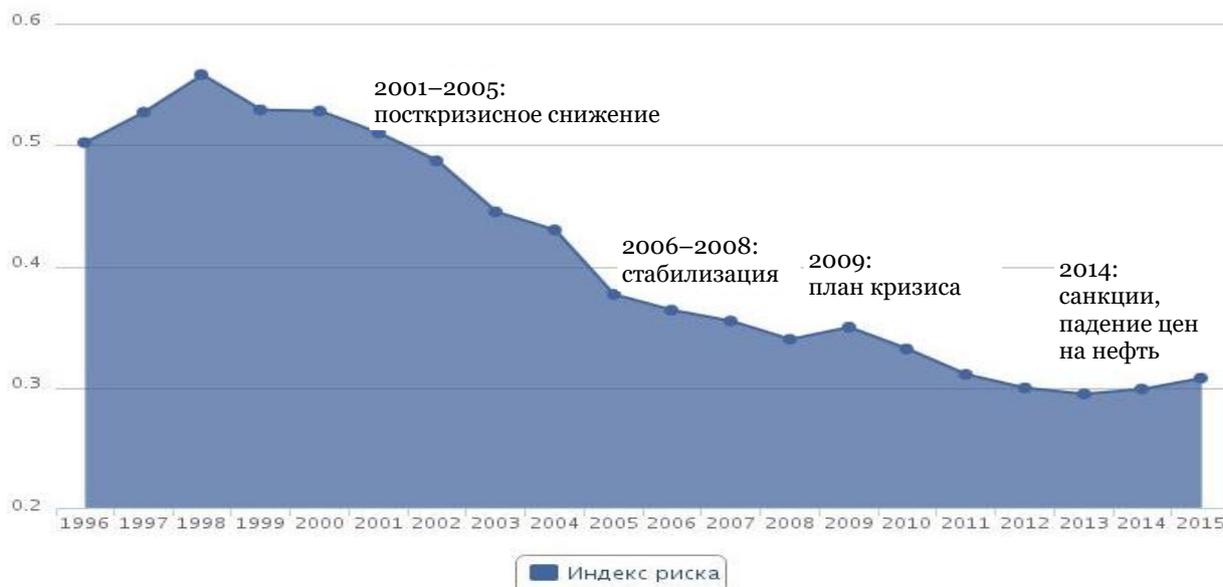


Рис. 1. Индекс инвестиционных рисков в России за 20 лет, 1996–2015 гг.  
Fig. 1. The index of investment risks in Russia for 20 years, 1996–2015

Источник: составлено по данным рейтингового агентства RAEX (Эксперт РА)  
(<http://www.raexpert.ru/releases/2015/Dec11/>)

Впервые после дефолта 1998 года инвестиционные риски увеличиваются два года подряд, а темпы их роста становятся только выше. Интегральный показатель риска в 2015 году вырос на 2,9% против 1,3% годом ранее. Более того, рост инвестиционного риска носит фронтальный характер, затрагивая все без исключения частные его составляющие (рис. 2).

Причин такого положения достаточно много, при этом основной называют усиливающуюся нехватку финансовых ресурсов у региональных властей и бизнеса для развития на фоне стагнирующей экономики. Рост региональных экономик в последние годы практически полностью остановился, а оборот оптовой торговли показал худшую динамику за последние 15 лет, снизившись на 3,9%. Рост промышленного производства замедлился до 1,7%. Инвестиции в основной капитал в среднем по регионам сократились на 2,7%, упав в 39 субъектах РФ.

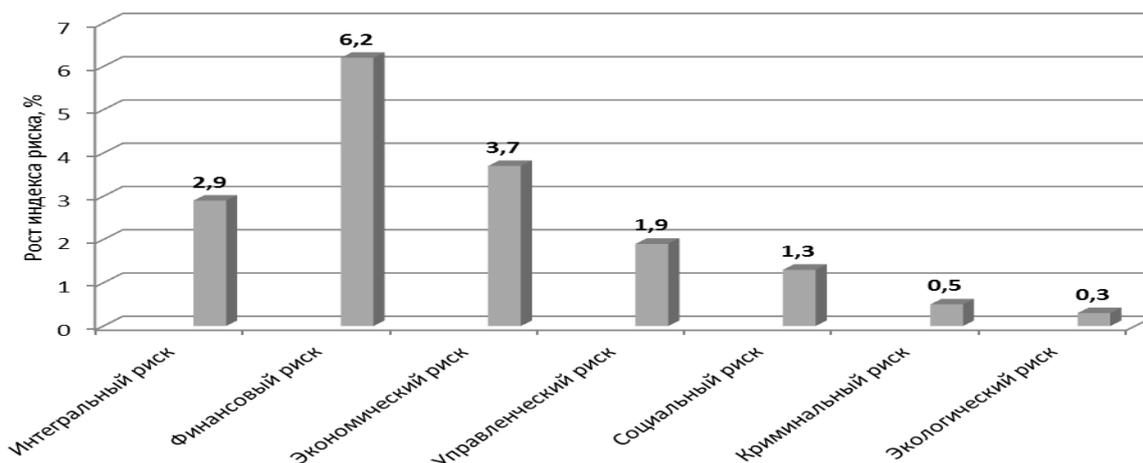


Рис. 2. Динамика индексов частных инвестиционных рисков в рейтинге 2015 года  
Fig. 2. Dynamics of indexes of private equity risk in the rating in 2015

Источник: составлено по данным рейтингового агентства RAEX (Эксперт РА)  
(<http://www.raexpert.ru/releases/2015/Dec11/>)

Следует также учесть, что такой важнейший фактор роста региональной экономики, как потребительский спрос, в настоящее время перестал действовать – реальные располагаемые доходы населения снизились на 4% (по предварительным данным Росстата), что отразилось на сокращении оборота розничной торговли, в большинстве регионах России.

В целом самый низкий инвестиционный риск имеет Санкт-Петербург, затем следуют Москва, Белгородская область, Татарстан и Новгородская область. В наибольшей степени снизили инвестиционный риск Вологодская и Ростовская области, Ханты-Мансийский автономный округ, Чувашия и

Мордовия. Таким образом, прежняя модель экономического благополучия регионов, основанная на сырьевой ренте, масштабных госпроектах и потребительском буме осталась в прошлом. Адаптироваться к новым экономическим реалиям придется в крайне жестких условиях, а восстановление инвестиционной активности в регионах, основанное на импортозамещении и девальвации рубля, займет как минимум два года [Исследование инвестиционного климата регионов России, 2015].

Складывающиеся тенденции на региональном уровне заставляют по-новому взглянуть на управленческий фактор в контексте минимизации влияния кризиса, стимулирует руководство регионов использовать новые методы и технологии развития территорий. В этой связи использование брендинга как маркетинговой технологии становится одним из приоритетных направлений в снижении инвестиционных рисков и повышении социально-экономического потенциала субъектов РФ.

Рассматривая современный российский опыт использования бренд-технологий, следует признать ряд положительных примеров, существенным образом отразившихся на повышении репутационного капитала отдельных отечественных территорий. Одним из самых известных, в первую очередь, для российского потребителя является бренд «Курорты Краснодарского края»; к числу перспективных также относят только готовящийся к внедрению на рынок бренд «Русская Одиссея». Нельзя не отметить проведение зимней Олимпиады 2014 года в г. Сочи как факт яркого и убедительного доказательства инновационности, силы и успешности российского брендинга. Однако, по большому счету, необходимо признать, что отечественные бренды, кроме ресурсных, практически неизвестны за пределами России, более того, большая их часть осуществлялась посредством реализации государственных мегапроектов, вроде подготовки к Олимпиаде в г. Сочи.

Брендингом в настоящее время преимущественно занимаются отдельные отрасли, которые потом ассоциируются с какой-либо территорией, например, туристический бизнес, индустрия моды, производители программного обеспечения и др., что в целом снижает эффективность бренда региона. Прежде всего, инициатива создания бренда территории должна исходить от руководства региона, если рассматривать бренд страны – правительства государства. Следует отметить, что правительство РФ уже давно задумалось о формировании благоприятного имиджа страны на мировой арене посредством разработки конкурентоспособного бренда территории. В частности, об этом свидетельствует идея разработки Концепции продвижения национального и региональных брендов товаров и услуг отечественного производства, которая предусматривала формирование и продвижение брендов регионов и городов, товарных групп, отдельных торговых марок и России в целом. В указанной концепции бренд «Россия» в метафорической форме выступает в качестве флага на корабле, региональные и городские бренды – как матушка, из которого корабль построен, а товарные и сервисные бренды становятся пассажирами, которые на этом корабле должны завоевать международные рынки [2]. Вследствие такого подхода будет возникать синергетический эффект, о чем свидетельствует зарубежная практика брендинга.

Современный региональный опыт формирования бренда можно охарактеризовать последовательностью двух этапов: первый подразумевает поиск и выделение ряда отличий, а второй – разработку мероприятий по усилению этих отличий. В данном контексте под категорией «отличие» понимается сочетание множества деталей, каждая из которых может быть очень индивидуальной и, как правило, весьма незначительной. Данные этапы присущи для разработки бренда любого отечественного региона, однако подходы к их реализации имеют свои особенности и, к сожалению, чаще всего они носят непоследовательный характер. При этом кроме создания бренда необходимо изначально проектировать и механизмы продвижения и поддержания бренда на уровне региона.

Ответственным моментом для разработки эффективного инструментария по формированию бренда на региональном уровне в РФ является тщательный анализ тенденций развития подходов к брендированию территорий, оценка социально-экономического состояния, маркетинговый анализ макросреды региона и социологические исследования восприятия бренда региона.

В частности, к положительным результатам исследования макросреды Белгородской области, расположенной на Юго-Западе России, можно отнести компактность территории, выгодное экономико-географическое положение, сбалансированность региональной экономики. Наличие одного из крупнейших в мире месторождений железной руды, богатые сельскохозяйственные угодья исследуемого региона, а также развитая инфраструктура делают Белгородскую область достаточно привлекательной для инвестиционных проектов и внедрения инновационных технологий.

Говоря о социально-экономических предпосылках для формирования эффективного бренда региона следует отметить, что на протяжении последних пяти лет прослеживалась явная тенденция к росту всех основных экономических и социальных индикаторов развития региона. Однако следует признать тот факт, что 2014–2015 гг. характеризуются замедлением роста региональной экономики и, прежде всего, это связано с кризисом на Украине, сокращением числа деловых контактов с представителями европейского бизнес-сообщества. При этом даже в таких условиях Белгородской области удастся поддерживать положительную динамику промышленного, сельскохозяйственного производства, развивать сферу услуг, реализовывать социально-значимые проекты.

В целом эффективность бренда региона зависит от многих факторов, требующих постоянного исследования. В частности, как мы отметили выше, первоочередной задачей является определение отличий, своей собственной темы, образа региона, идеи – миссии, цели. Так, например, исследование разных групп и слоев общества в Белгородской области (анкетный опрос 200 респондентов) позволил определить особенности восприятия образа региона. В процессе опроса было выделено достаточно много образов, с которыми ассоциируется Белгородская область. К их числу можно отнести духовные символы: Холковский подземный монастырь, старинные Успенско-Николаевский и Смоленский соборы; элементы архитектуры: культовое Круглое здание; природные ресурсы: меловые горы; праздничные мероприятия: международный фестиваль славянской культуры «Хотмыжская осень». Помимо указанных брендов респондентами назывались также такие объекты, как Белгородский государственный национальный исследовательский университет, памятник князю Владимиру, мемориал «Курская Дуга», старинное русское село Холки. Кроме того, Белгородская область ассоциируется у респондентов в первую очередь с белым цветом, а также с устоявшимся выражением «Город Белгород – город Первого салюта» и Прохоровским полем – третьим ратным полем России, которое как туристический объект имеет высокую запоминаемость для гостей региона [Селоков, Шалыгина, 2014].

С одной стороны, перечисленные образы характеризуют устойчивые положительные имиджевые характеристики региона, с другой – размывают целостное восприятие бренда региона и требуют совершенствования брендинговой политики, проводимой в Белгородской области.

Важным аспектом при формировании бренда региона становится взаимодействие всех субъектов местного сообщества и, прежде всего, местных органов самоуправления, региональных средств массовой информации, широкой общественности. Например, формирование брендов муниципальных районов Белгородской области совсем недавно было осложнено тем, что отсутствовали региональные и муниципальные законодательные акты, регламентирующие подобную деятельность.

В настоящее время одним из рациональных подходов к брендингу как маркетинговой технологии является подход «от анализа к синтезу» [Никифорова, 2011], последовательность процедур которого включает изучение и понимание мотиваций целевых аудиторий и формирование на их основе визуальных и вербальных образов бренда региона через планирование основной идеи и позиционирования бренда. Исходя из этого, использование бренд-технологии в процессе модернизации региональной экономики Белгородской области включает в себя следующую последовательность процедур (рис. 3).

При этом особое внимание должно уделяться целеориентированной организации брендинга на региональном уровне, разработке системы целей продвижения бренда региона. К сожалению, практика брендинговой деятельности в субъектах РФ характеризуется либо неосознанным подходом к процессу целеполагания, либо автоматическим принятием решения о том, какой результат нам хотелось бы достичь, что, в сущности, снижает эффективность технологизации брендинга. Рассматривая данный аспект в контексте использования бренд-технологий в Белгородской области, следует отметить, что для целенаправленной и эффективной имиджевой политики региона была утверждена Концепция брендинга территорий в Белгородской области, являющаяся одной из составляющих Стратегии по формированию регионального солидарного общества [О концепции брендинга в Белгородской области, 2013]. Согласно данной концепции, формирование бренда является важным фактором продвижения и позиционирования территории внутри региона и за его пределами, опирающимся на территориальный социокультурный, экономический, политический потенциал и природно-рекреационные ресурсы, а также бренды товаров и услуг, локализованные в данной географической местности.

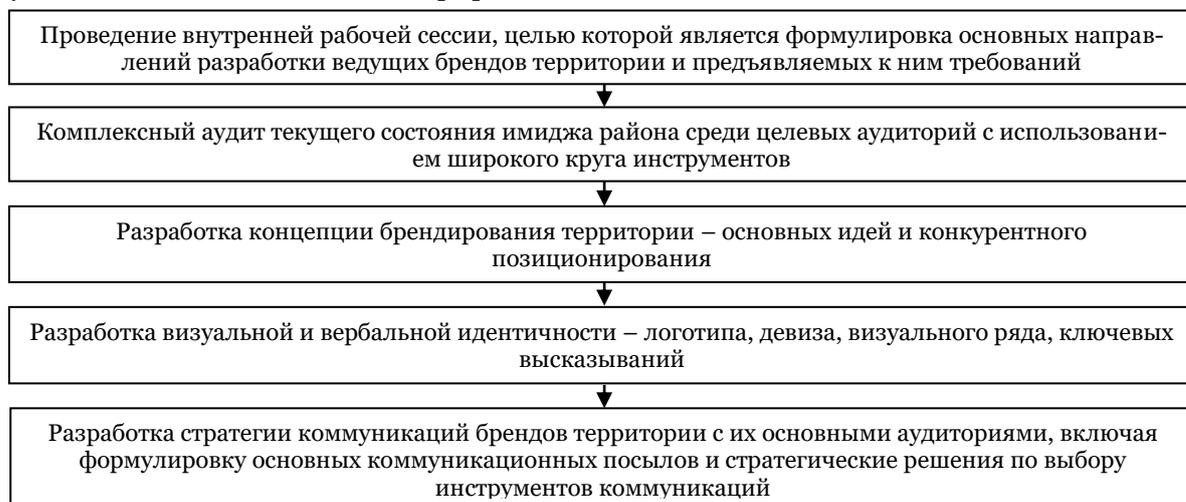


Рис. 3. Технология формирования бренда региона  
Fig. 3. The technology of forming of brand of region

Таким образом, центральное место в идее брендирования территорий в Белгородской области занимает человек, самоопределение и самоидентификация которого должны будут формироваться в том числе посредством бренда, где ключевой внутренней связкой выступает связь человека с брендируемой территорией. Данная формулировка носит, в первую очередь, социальный характер и требует, особенно сейчас, подробной расшифровки – определения целевых ориентиров, ассоциаций экономического характера, в частности, для привлечения дополнительных инвестиций в развитие промышленности региона. Например, к их числу можно отнести тот факт, что последнее время особое значение для бизнес-среды приобретают стабильные темпы развития агропромышленного комплекса Белгородской области. В этой связи для все большего числа инвесторов ассоциации с нашим регионом сопряжены с развитым сельским хозяйством. Более того, это полностью соотносится с прогнозами среднесрочной перспективы, в соответствии с которыми главным драйвером экономического роста для регионов станет развитие отечественного агропромышленного комплекса.

### Заключение

Развитие регионального брендинга, базирующееся на проводимой государством политике модернизации отечественной экономики, очень важно сегодня, так как дает возможность региону позиционировать себя не только внутри России, но и на международной арене. В этих условиях возрастает роль процесса формирования эффективных бренд-технологий, использование которых позволит любому отечественному региону привлекать и наращивать ресурсы для своего развития.

Эффективный бренд региона – это один из определяющих факторов его восприятия, формируемый на основе ярко выраженного позитивного имиджа территории, представляющий собой высшее проявление эмоциональных потребительских предпочтений, направленный на выстраивание рейтинга региона посредством создания дополнительных конкурентных преимуществ и являющийся активом региональной экономики.

### Список литературы References

1. Белгородская область. Распоряжение Губернатора Белгородской области. 2013. О Концепции брендирования территорий в Белгородской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.consultant.ru/law/review/reg/rlaw/rlaw4042013-05-30.html](http://www.consultant.ru/law/review/reg/rlaw/rlaw4042013-05-30.html).  
The Belgorod region. The order of the Governor of the Belgorod region. 2013. About the Concept of branding of territories in the Belgorod region [Electronic resource]. – URL: [www.consultant.ru/law/review/reg/rlaw/rlaw4042013-05-30.html](http://www.consultant.ru/law/review/reg/rlaw/rlaw4042013-05-30.html).
2. Aaker D.A. and Joahimsthaler E. 2009. Brand Leadership. The Free Press: 368.
3. Anholt S. 2004. Branding Places and Nations. Bloomberg Press: 213.
4. Гурина Д. 2011. Брендинг как фактор корпоративных конкурентных преимуществ в международном бизнесе. *Международный бизнес*. № 3(5). – С. 5–12.  
Gurina D. 2011. Branding as a Factor of Enterprise Competitive Advantages in International Business. *Journal of International business*. № 3(5). – P. 5–12.
5. Исследование инвестиционного климата регионов России (Эксперт РА). 2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.raexpert.ru/researches/regions/investclimate/>.  
The study of the investment climate regions of Russia (RAEX). 2015. [Electronic resource]. – URL: <http://www.raexpert.ru/researches/regions/investclimate/>.
6. Камышанченко Е.Н., Селюков М.В., Шалыгина Н.П., Шок И.А. 2015. Инструментарий формирования эффективного бренда как фактор социально-экономического развития региона (на примере Белгородской области). *International Business Management*. № 9 (Issue 5). – С. 943–947.  
Kamyshanchenko E.N., Selyukov M.V., Shalygina N.P., Shok I.A. 2015. Tools for Effective Brand Formation a Factor of Socio-Economic Development of the Region (For Example, the Belgorod Region). *International Business Management*. № 9 (Issue 5). – P. 943–947.
7. Kotler P. and Gertner D. 2002. Country as a brand, product, and beyond: A place marketing and brand management perspective. *Journal of Brand Management*. Vol. 9. No. 4–5. – P. 249–261.  
Kotler Ph., Haider D. and Rein I. 2005. Marketing Places. Attraction of Investments, Businesses, Residents and Tourists in the City, Municipality, Regions and Countries in Europe. St. Petersburg: 220.
8. Михайлов А. 2014. Брендинг для регионов или регионы для брендинга? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://russiaturforum.com/news/415.html>.  
Mikhailov A. 2014. Branding for regions or regions for branding? [Electronic resource]. – URL: <http://russiaturforum.com/news/415.html>.
9. Никифорова Г.Ю. 2011. К вопросу о брендинге города. *Современные аспекты экономики*. №11(171). – С. 12–20.  
Nikiforov Y.G. 2011. To the question of the branding of the city. *Modern aspects of the economy*. № 11(171). P. 12–20.

10. Селюков М.В., Шалыгина Н.П. 2014. Брендинг и его роль в создании инвестиционной привлекательности региона. Современные проблемы науки и образования. № 5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/119-14688>.

Selyukov M.V., Shalygina N.P. 2014. Branding and its role in creating investment the attractiveness of the region. Modern problems of science and education. № 5. [Electronic resource]. - URL: <http://www.science-education.ru/119-14688>.

11. Sinclair R. and Keller K.L. 2014. A Case for Brands as Assets: Acquired and Internally Developed. Journal of Brand Management. 21 (June). – P. 286–302.

12. Шалыгина Н.П., Селюков М.В. 2014. Развитие маркетинговых технологий в деятельности хозяйствующих субъектов региона. Современные проблемы науки и образования. № 4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/118-14175>.

Shalygina N.P., Selyukov M.V. 2014. Development of marketing technologies in the activity of economic entities of the region. Modern problems of science and education. № 4. [Electronic resource]. - URL: <http://www.science-education.ru/118-14175>.

УДК 338.242.4

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРОЙ:  
ВОПРОСЫ ПОСТАНОВКИ ЦЕЛЕЙ****STATE OF SOCIAL SYSTEMS: ISSUES STATEMENT OF PURPOSE****Б.А. Тхориков**  
**B.A. Tkhorikov***Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85**Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia**e-mail: Tkhorikov@bsu.edu.ru*

*Аннотация.* Вопрос целеполагания при осуществлении управленческого воздействия на общественные отношения достаточно подробно исследован, однако все еще остается неразрешенной ключевая методолого-методическая проблема – восприятие цели деятельности государственных организаций социальной сферы с позиции миссии или лозунга. В работе проводится сравнительный анализ признаков «миссии», «лозунга» и «цели»; анализируются цели Государственных программ РФ, выявляются и обосновываются их недостатки.

*Resume.* The issue of goal-setting in the exercise of administrative influence on social relations studied in some detail, but still remains a key unresolved methodological and methodical problem - the perception of the purpose of the activity of public organizations of the social sphere from the point of the mission or slogan. In this paper a comparative analysis of the signs of "mission", "slogan" and "purpose"; analyzes the objectives of the State program of the Russian Federation, are identified and justified by the disadvantages.

*Ключевые слова:* организации социальной сферы, индикаторы, цели.  
*Keywords:* state social organization, indicators, targets.

**Введение**

Главная цель любых управленческих действий – соблюдение общественного интереса. В отличие от частных интересов, которые обеспечиваются рыночными механизмами, общественный интерес формируется с помощью волеизъявления граждан. Государственные органы конкретизируют общественный интерес с помощью политических целей. Для реализации такие цели конкретизируются посредством задач. Последние обычно значительно различаются в зависимости от того, кто их реализует фактически и кто их может (должен) представлять [1, 2].

Перенос подобной практики из политической плоскости в область практического государственного управления предопределяет недостаточно высокие результаты работы организаций в государственном секторе. Государство, как и в случае политического управления, делает определенные заявления, сравнимые с миссией или лозунгом, последующее исполнение которых возлагается на различные общественные институты или отдельные организации через постановку управленческих задач. В современных условиях это проявляется в разработке множества задач по достижению какой-либо цели в формате Государственных программ.

**Результаты исследования**

Определений понятий «миссия», «лозунг» и «цель» в научной литературе представлено достаточно много, авторами предлагаются различные трактовки, которые во многом схожи между собой.

Миссия – идеал, недостижимая цель, ради которой была создана организация и во имя достижения которой она работает. Философское обоснование деятельности компании остается неизменным на протяжении всего периода существования предприятия или учреждения, однако мо-

жет эволюционировать. Миссией также принято считать идеологию организации, ее концептуальный подход к принципам взаимодействия с целевой группой.

Цель – идеальный результат, который может быть достигнут в определенной перспективе. Они должны быть конкретными, измеримыми, ограниченными во времени и достижимыми. Цели бывают основными и промежуточными, а их достижение обязательно подкрепляется ресурсами, без которых воплощение задумок невозможно.

Таким образом, цель – это локальный объект, который может быть достигнут в кратко-, средне- или долгосрочной перспективе. Их у организации всегда несколько, при этом все они разнесены во времени. Миссия – глобальный смысл существования компании. Она может быть только одна, неизменная на протяжении длительного периода времени. Как правило, в качестве миссии избирается идеальная ситуация, получить которую можно либо в отдаленной перспективе, либо никогда. Цели ограничены во времени, поэтому именно их достижение положено в основу оценки эффективности работы организации.

Целей у организации может быть множество, в то время как миссия – только одна. Миссия – глобальна, а цель – локальна. При постановке целей учитывается временной фактор, при выборе миссии – нет. По мере достижения одних целей перед организацией ставятся другие. Изменение миссии невозможно без полного переосмысления существования организации и ее идеологии.

Значение слова «лозунг» – «призыв, в краткой форме выражающий руководящую идею, задачи или требования партии в определенный исторический момент». Содержание и задачи лозунгов определяют их форму. Обращенные к аудитории, рассчитанные на мгновенное восприятие, удачные лозунги являются общепонятными, броскими, краткими и легко запоминающимися. Лозунги содержат в себе определенные идеологемы, призванные вызвать симпатии в обществе. Идеологема – это лаконично выраженные общественно значимые ценности, призванные способствовать политической консолидации избирателей для достижения выборных целей.

Наибольшую группу идеологем составляют общечеловеческие ценности: благо, благополучие, благосостояние, богатство, процветание, мир, порядок, достойная жизнь, счастье, прогресс, развитие, национальное согласие, стабильность и прочие [4].

С целью более детального изучения различий между рассматриваемыми понятиями выявим их признаки с позиции различных характеристик объекта и субъекта управления как категорий менеджмента (табл. 1).

Описанные признаки позволяют сформулировать некоторые ограничения на использование «миссии» или «лозунга» в качестве целеполагающей основы государственного управления, являющиеся следствием отсутствия однозначного представления о состоянии объекта управления в будущем:

- 1) невозможность обеспечения координированного участия различных субъектов управления и хозяйствующих субъектов в процессах реализации цели, связанного с общей неопределенностью управленческой и производственной роли каждого из них;
- 2) сложность прогнозирования эффективности влияния различных мероприятий и организационных действий на изменения объекта управления из-за вторичности роли составления плана работ по реализации поставленных задач и их несогласованности с исполнителями и заинтересованными общественными институтами;
- 3) создание предпосылок для возникновения конфликта интересов различных стейкхолдеров при оценке достигнутых результатов, обусловленных неоднозначностью формулировки результатов, которые необходимо достичь;
- 4) игнорирование указания точных и обоснованных сроков выполнения цели, затрудняющее планирование поступления и распределения ресурсов, мотивирование субъектов управления и хозяйствующих субъектов, оценку промежуточных результатов, корректировку текущей деятельности и прочее;
- 5) снижение эффективности текущего контроля, вызванное необходимостью его организации в процессе работы из-за неизвестности на этапе целеполагания и планирования ключевых центров затрат, ответственных субъектов управления и прочего.

Таблица 1  
Table 1Сравнение признаков «миссии», «лозунга» и «цели»  
Comparison of signs of «mission», «slogan» and «goals»

Характеристики	Признаки		
	Миссия 2	Лозунг 3	
		Цель 4	
1 Определенность объекта управления	широкое представление об объекте управления	абстрактный объект управления	точное представление об объекте управления
Позиционирование объекта управления в социально-экономической системе	осуществляется на отраслевом уровне	как правило, отсутствует или проводится на межотраслевом уровне	проводится на организационном уровне
Количественное определение изменений объекта управления	не требуется	как правило, отсутствует или является декларативной количественной величиной	точное и обоснованное количественное знание будущих изменений объекта управления
Причина проведения изменений	определяется собственником хозяйствующего субъекта	определяется интересами стейкхолдеров	как правило, определяется объективной проблемой, стоящей перед хозяйствующим субъектом
Сроки исполнения	отсутствуют заданные сроки, так как предполагается реализация миссии на протяжении всего периода существования хозяйствующего субъекта	отсутствуют или являются декларативными	четко определены и обоснованы
Источник и объем финансирования	точно не определен, предполагается использовать полученные в будущем хозяйствующим субъектом доходы, объем затрат не известен	информация о стоимости изменений и источниках покрытия затрат определяется в будущем, объем финансовых затрат не известен	определены до начала проведения работ по достижению цели
Контроль исполнения	отсутствует из-за общей неопределенности элементов, поддающихся контролю	отсутствует, так как неизвестен исполнитель	используются имеющиеся внутриорганизационные механизмы и инструменты контроля, при необходимости вводятся специальные формы контроля
Оценка затрат	является косвенной, так как отсутствует связь между центрами образования затрат и сформулированной миссией	как правило, не требуется	проводится в реальном времени по различным критериям
Частота и причины корректировки	как правило, не изменяется, может только эволюционировать со временем или полностью измениться	зависят от условий внешней среды	проводится по итогам анализа эффективности реализации отдельных блоков работ
Связь субъектов управления с объектом управления	непосредственная	косвенная	непосредственная
Решаемые задачи	- объяснение причин существования хозяйствующего субъекта - описание идеологии работы	- привлечение внимания - консолидация общественных институтов	- описание конкретного результата работы
Ориентация на достигнутые ранее результаты (конкурентные преимущества, технологии)	учитывается на этапе формулировки миссии	полностью отсутствует	учитывается на этапе формулировки цели
Согласование с соподчиненными субъектами управления	как правило, миссия является видением будущего собственниками хозяйствующего субъекта, в правильности которого убеждают прочих субъектов управления	не проводится	учитываются интересы и мнения иных субъектов управления и стейкхолдеров, в зависимости от методов целеполагания и принятой системы управления проводится согласование планируемых изменений

С целью подтверждения гипотезы о том, что цели в государственной системе управления по своему содержанию являются миссией или лозунгом проведем сравнительный анализ целей, закрепленных в пяти Государственных программах Российской Федерации, связанных с социальной сферой, на полноту соответствия понятиям «миссия» и «лозунг» (табл. 2).

### Результаты исследования

Проведенный сравнительный анализ позволяет сделать вывод о том, что все цели рассматриваемых Государственных программ не являются таковыми и по своему содержанию обладают признаками лозунгов. То есть вместо конкретного описания желаемого состояния объекта управления, они ограничиваются выражением руководящей идеи и содержат рассмотренные выше идеологемы общечеловеческих ценностей. Счетная Палата Российской Федерации отмечает, что «цели многих госпрограмм абсолютно неконкретны, содержат нечеткие формулировки и недостаточно согласованы с задачами госпрограмм. Типичны ситуации, когда достижение цели не обеспечивается ни одной из задач или задача не направлена на достижение ни одной из целей». Обратим внимание на то, что цели формулируются в конце разработки программы, после выбора модели и оценки последствий на принимаемые решения, а не до начала работы над ее созданием. Следовательно, они не могут иметь окончательной формулировки до начала работ по подготовке эффективного решения. Иное дело итоговый документ, описывающий программу. В нем цели обычно формулируются в самом начале. Это облегчает чтение документа теми, кто будет участвовать в реализации программы. Однако в действительности при разработке Государственных программ сформулированная «цель» предвосхищала весь процесс работы, и составители программ были вынуждены «подтягивать» различные задачи и мероприятия, которые, по их мнению, могли повлиять на достижение поставленной «цели».

Таблица 2  
Table 2

#### Цели Государственных программ Российской Федерации Objectives of State programmes of the Russian Federation

Наименование Государственной программы и нормативного документа	Формулировка цели
1	2
Государственная программа РФ «Социальная поддержка граждан» (распоряжение Правительства РФ от 27.12. 2012 г. № 2553-р)	создание условий для роста благосостояния граждан – получателей мер социальной поддержки повышение доступности социального обслуживания населения
Государственная программа РФ «Развитие физической культуры и спорта» (постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 302)	создание условий, обеспечивающих возможность гражданам систематически заниматься физической культурой и спортом
	повышение конкурентоспособности российского спорта на международной спортивной арене успешное проведение в РФ крупнейших международных спортивных соревнований
Государственная программа РФ «Развитие здравоохранения» (постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 294)	обеспечение доступности медицинской помощи и повышение эффективности медицинских услуг, объемы, виды и качество которых должны соответствовать уровню заболеваемости и потребностям населения, передовым достижениям медицинской науки
Государственная программа РФ «Развитие культуры и туризма» на 2013-2020 годы» (постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 317)	реализация стратегической роли культуры как духовно-нравственного основания развития личности и государства, единства российского общества, а также развитие туризма для приобщения граждан к мировому культурному и природному наследию
Государственная программа РФ «Развитие науки и технологий» на 2013-2020 годы» (постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 301)	формирование конкурентоспособного и эффективно функционирующего сектора исследований и разработок и обеспечение его ведущей роли в процессах технологической модернизации российской экономики

Все указанные цели имеют абстрактное или чрезмерно широкое представление об объекте управления; позиционирование объекта управления в социально-экономической системе осуществляется на межотраслевом уровне или отсутствует; количественное определение изменений объекта управления – полностью отсутствует; причина проведения изменений определяется стейкхолдерами;



сроки исполнения являются декларативными; источник и объем финансирования определены до начала проведения работ по достижению цели; контроль исполнения программных мероприятий возлагается на сторонние институты; оценку затрат предполагается проводить в реальном времени по различным критериям; частота и причины корректировки будут проводиться по итогам периодического анализа работы организаций социальной сферы; связь субъектов управления с объектом управления является косвенной; решаемые задачи направлены на консолидацию общественных институтов; ориентация на достигнутые ранее результаты не прослеживается.

### Вывод

Сложившаяся практика постановки целей в государственном секторе приводит к снижению общей эффективности работы, в том числе из-за описанных выше ограничений использования миссии и лозунгов в качестве базы целеполагания, что подтверждается также данными Минэкономразвития и Росстата России. В качестве практического инструмента повышения результативности целеполагания целесообразно использовать метод TASKED, ориентированный на использование в сферах с высоким участием государственных институтов, учитывающий существование и способным преодолеть соответствующие «институциональные ловушки» [3]. В дальнейшем цикле работ, посвященных целеполаганию в ГОСС, будут рассмотрены результаты практической реализации данного метода.

### Список литературы References

1. Панов М.М. 2013. Оценка деятельности и система управления компанией на основе KPI. М.: Инфра-М: 255.  
Panov M.M. 2013. Ocenka deyatel'nosti i sistema upravleniya kompaniej na osnove KPI. M.: INFRA-M: 255.
2. Писарев Е.Л. 2013. Качество государственного управления: проблемы целеполагания. Административное право и процесс. № 10. – С. 3 – 10.  
Pisarev E.L. 2013. Kachestvo gosudarstvennogo upravleniya: problemy celepolaganiya. Administrativnoe pravo i process. № 10. – S. 3 – 10.
3. Тхориков Б.А. 2015. Методология индикативного управления организациями социальной сферы: проблемы целеполагания, метод TASKED. Научные ведомости Белгородского государственного университета. № 19. – С. 39-43.  
Thorikov B.A. 2015. Metodologiya indikativnogo upravleniya organizacijami social'noj sfery: problemy celepolaganiya, metod TASKED. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. № 19. – S. 39-43.
4. Ярославцева А.Е. 2008. Лозунги нового времени. Вестник Томского государственного университета. № 4. – С. 109-115.  
Yaroslavceva A.E. 2008. Lozungi novogo vremeni. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. № 4. – S. 109-115.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 303.094.6

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ: ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСЕЛЕНИЯ И УРОВНИ ПРОГНОЗА

### METHODOLOGICAL ISSUES OF POPULATION PROJECTIONS: POPULATION CHARACTERISTICS AND FORECASTING LEVELS

**А.В. Смирнов**  
**A.V. Smirnov**

*Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН,  
Россия, 167982, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Коммунистическая, 26*

*Institute of Socio-Economic and Energy Problems of North, Komi Science Centre, Ural Branch of RAS,  
26 Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, 167982, Russia*

*E-mail: av.smirnov.ru@gmail.com*

*Аннотация.* В статье раскрыт ряд вопросов методологического характера, связанных с построением демографических прогнозов. Предложен набор характеристик населения, который позволяет повысить точность прогнозирования и учитывать качественный состав населения. Рассмотрены варианты реализации архитектуры моделей с точки зрения их иерархических уровней. Определены процессы, которые предпочтительней моделировать на микроуровне. Предложен механизм моделирования демографических событий и тенденций на индивидуальном уровне, дающий возможность с высокой степенью детализации формализовать демографическое поведение населения. Рассмотрена практическая реализация модели на примере демографического прогноза Республики Коми.

*Resume.* The article exposes some of the methodological issues associated with the development of population projections. The author proposes a set of population characteristics, which can improve the accuracy of forecasting, and take into account the qualitative composition of the population. The article lists the options for the implementation of model's architecture in terms of their hierarchical levels. The text lists the processes that are preferably modeling at the micro level. This article describes a method of modeling the demographic events and trends at the individual level, which makes it possible to formalize the demographic behavior of the population with a high degree of detail. We consider the practical implementation of the model on the example of the Komi Republic population projection.

*Ключевые слова:* демографические прогнозы, население, уровни, тенденции, миграция, образование.

*Keywords:* demographic projections, population, levels, trends, migration, education.

## Введение

Под демографическим прогнозом будем понимать научно-обоснованную перспективную оценку численности и состава населения, параметров демографических процессов [Рыбаковский, 2003]. Прогнозы населения применяются в самых разных областях государственного и регионального управления, в маркетинговых исследованиях и страховании. Оценки будущей демографической ситуации крайне полезны при разработке любых программ социально-экономического развития, планировании в энергетике, транспорте производстве и сфере услуг.

При построении демографических прогнозов главенствующее место, начиная с сер. XX в., занимает когортно-компонентный метод (или метод передвижек), который стал дальнейшим развитием простых методов экстраполяции. Благодаря разделению демографической динамики на компоненты (рождаемость, смертность и миграция), а населения на когорты по полу и возрасту, метод позволил повысить точность и детализацию прогнозов, решать более широкий круг задач. Почти все современные методы демографического прогнозирования в той или иной степени основаны на когортно-компонентном методе.



Сегодня широко применяются методы статистического и компьютерного моделирования, которые расширяют возможности прогнозов. Они могут детально моделировать демографические структуры, брачный рынок, учитывать родственные связи между людьми, пространственное расположение населения. Некоторые модели принимают во внимание взаимовлияние демографических, социально-экономических и экологических процессов. Большое внимание уделяется моделированию демографического поведения населения, репродуктивным установкам и мотивам миграционных процессов.

Существующий методологический инструментарий демографического прогнозирования очень широк [O'Neill et al., 2001]. Тем не менее, многие аспекты построения прогнозов требуют дальнейшего теоретического осмысления и совершенствования. Рассмотрим некоторые из них.

### Методология исследования

Важнейшим этапом при построении любого демографического прогноза является выбор набора характеристик населения, которые будут учитываться при прогнозировании. Две наиболее важные характеристики – пол и возраст человека. Они применяются почти во всех прогнозах. Учет половозрастной структуры населения позволяет избежать ошибок, свойственных наиболее ранним методам прогнозирования, а также делает прогноз более детальным. Современные прогнозы обычно используют 1-летние возрастные группы. Формирование информационной базы и техническая реализация прогнозов с такой степенью возрастной детализации не вызывает значительных трудностей.

Кроме двух вышеназванных характеристик рассмотрим характеристики еще четырех видов: пространственные, демографические, качественные и социально-экономические. Нас интересуют те характеристики, которые способны повысить точность прогноза и расширить его функциональные возможности без чрезмерного усложнения модели. Пространственные характеристики призваны отражать расположение населения в географическом или социальном пространстве. Степень детализации этого расположения зависит от целей прогноза. Модель может не содержать пространственных характеристик вообще, отражать только регион (район) проживания человека, включать населенный пункт или даже явно указывать географические координаты проживания человека [Фаттахов, 2013].

Наиболее важной пространственной характеристикой при построении демографического прогноза является тип поселения, в котором проживает человек (городское или сельское). Он позволяет прогнозировать темпы процессов урбанизации. Кроме того, наблюдается сильная корреляция вероятностей всех демографических событий (рождений, миграций, смертей) с типом поселения. В России на селе в среднем более высокая рождаемость, более низкая продолжительность жизни. Миграционные тенденции свидетельствуют о продолжающемся процессе урбанизации (повышение удельного веса городского населения в общей численности населения).

Кроме типа поселения, могут быть полезны характеристики, указывающие на конкретную область (район) проживания человека. Даже декомпозиция населения на еще один иерархический уровень (для прогноза государства это регионы, а для субъектов РФ – городские округа и районы) позволяет значительно расширить прогностические возможности модели. При этом необходимо учитывать, что каждый дополнительный уровень пространственной детализации населения требует существенного расширения информационной базы прогноза, а именно данных о пространственном размещении исходного населения вплоть до самого низкого из моделируемых уровней и о влиянии размещения на вероятности демографических событий.

Дополнительные демографические характеристики населения, которые могут применяться в прогнозах: брачный статус, родственные связи [Geard et al., 2013], номер домохозяйства, число детей. Моделирование брачного рынка связано с большими сложностями. Показатели брачности и разводимости плохо поддаются прогнозированию, а модели выбора партнера [Billari et al., 2007] обычно очень сложны и требуют существенной вычислительной мощности. Поэтому польза от отражения брачного статуса и всего многообразия возможных родственных связей не оправдывает такого радикального усложнения модели.

В этой связи более предпочтительна характеристика, отражающая число детей, рожденных женщиной. Знание числа рожденных женщиной детей позволяет моделировать очередность рождений (разные вероятности рождаемости для женщин с разным числом детей), что повышает точность прогноза рождаемости. Как правило, с ростом числа детей показатели рождаемости стремительно падают. Исключение составляет узкая социальная группа многодетных матерей. Данные об исходном распределении женщин по числу детей могут быть получены из итогов переписи населения.

К качественным характеристикам населения относят те из них, которые отражают способность населения к труду. Это уровень образования, квалификация, опыт работы, здоровье [Фаузер и др., 2007]. Здоровье и сфера здравоохранения плохо поддается прогнозированию, так как подвержена влиянию социальных изменений, экономических кризисов. Отдельные аспекты здоровья населения иногда отражаются в демографических прогнозах. Например, прогнозы ряда международных орга-

низаций моделируют распространение в населении ВИЧ/СПИД [Pedercini, 2003]. Но определение интегрального показателя здоровья человека и, тем более, его прогнозирование сопряжено со многими трудностями. Тем не менее, будущие изменения в здоровье населения часто закладываются в прогноз в виде предположений об изменении продолжительности жизни населения.

Образовательные процессы более инертны. Сфера образования в целом консервативна. Поэтому включение в демографические прогнозы образовательных характеристик может быть оправдано сразу с нескольких позиций. Во-первых, образование также коррелирует с демографическими процессами, в особенности с миграционными. Образование является одной из наиболее распространенных причин миграции. Люди перемещаются для получения образования, для поиска работы после обучения, а также вместе с мигрировавшими по этой причине членами семьи. Согласно исследованиям, образование также влияет на репродуктивные установки и на продолжительность жизни человека (через более высокое качество жизни более образованных).

Существует и обратное влияние. Население является для сферы образования и поставщиком кадров и получателем образовательных услуг. Поэтому демографические прогнозы полезны для планирования в сфере образования. Взаимовлияние демографических и образовательных процессов настолько существенно, что некоторые исследователи считают долгосрочные демографические прогнозы, не учитывающие образование, не состоятельными [Lutz, 2011]. Важно также то, что учет образования в демографических прогнозах позволяет оценивать будущий образовательный потенциал общества и вклад в него различных групп населения. В современном обществе с низкой рождаемостью прирост трудового потенциала может быть обеспечен повышением образовательного уровня и квалификации существующего населения.

Существуют различные показатели, характеризующие уровень образования человека. Как правило, применяют оценки образовательных уровней в баллах с равномерным шагом или продолжительность обучения в годах [Римашевская и др., 2013]. Во втором случае трудность вызывает выбор последовательности образовательных уровней. С нашей точки зрения оптимальным является вариант, при котором уровни оцениваются по наиболее распространенной образовательной траектории. Так, если большинство поступающих на программы бакалавриата являются выпускниками школ со средним общим образованием, то бакалавриату должны соответствовать 15 лет обучения (4 года начального общего + 5 лет до основного общего + 2 года до среднего (полного) + 4 года бакалавриата). Для определения перспективного образовательного потенциала населения какой-либо территории можно использовать сумму образовательных уровней всех ее жителей в годах. За единицу измерения этого показателя можно принять человеко-годы.

Другая трудность при прогнозировании населения с учетом образовательных процессов состоит в том, что редко находят отражение в статистике программы дополнительного образования, курсы повышения квалификации, дистанционное обучение. Поэтому исследователям приходится ограничиваться основными образовательными ступенями: от отсутствия образования до высшего послевузовского образования. Возможно также прогнозирование динамики населения, имеющего ученые степени для оценки человеческого потенциала науки и образования территорий [Смирнов, 2015].

Социально-экономические характеристики населения включают доходы, материальный уровень жизни, наличие жилья, транспортных средств и многие другие. В некоторых прогнозах учитываются качество окружающей среды, наличие в районе проживания объектов инфраструктуры. Эти показатели обычно применяются в комплексных социально-экономических [Pedercini, 2003], а не демографических прогнозах. Их очень трудно прогнозировать на больших временных горизонтах. Поэтому мы не будем рассматривать социально-экономические характеристики. Однако они, как и в случае со здоровьем, могут быть отражены неявно в рамках заложенных в прогноз предположений о тенденциях пространственной мобильности населения.

В итоге предлагаемый набор включает шесть характеристик населения: пол, возраст, тип поселения, район (регион), число детей, образовательный уровень в годах. Этот набор позволяет строить долгосрочные демографические прогнозы с высокой степенью детализации результатов, учитывать качественную структуру населения и, при этом, не является избыточным. Этот набор может быть дополнен при наличии дополнительных требований к прогнозу.

Рассмотрим архитектуру моделей населения, которые применяются для построения демографических прогнозов с точки зрения их иерархических уровней, принципов моделирования демографических характеристик и событий. Демографическое событие – событие, происходящее с отдельным человеком, которое имеет значение для смены поколений людей, изменения численности и структуры населения [Рыбаковский, 2003]. К основным демографическим событиям относят рождение, старение, миграцию и смерть. Моделирование всех этих событий необходимо для прогнозирования демографических изменений.

Условно все демографические модели можно разделить на макроуровневые, микроуровневые и смешанные (комбинированные). Макроуровневые модели появились исторически раньше. Их характеризует то, что в них население представлено в агрегированном по тем или иным признакам виде. В самом простом случае дифференциация населения отсутствует даже по полу и возрасту, как в



известных моделях мировой динамики [Форрестер, 2003]. Но гораздо более распространены модели, в которых население группируется по половозрастному признаку. Это, например, широко распространенные матричные реализации когортно-компонентного метода.

В макромоделях динамика населения моделируется посредством изменения значений агрегированных показателей численностей когорт населения или других демографических характеристик. В микромоделях же она имитируется на уровне отдельных людей, каждый из которых задан явно набором своих характеристик (пола, возраста и др.). Демографическое событие (например, старение), изменяет не численность группы всех людей соответствующего возраста, а характеристику отдельного человека, которая отражает его возраст. Объединение значений показателей индивидов в интегральные происходит после моделирования всех событий за временной шаг, обычно соответствующий календарному году. Совокупность людей в микроуровневых моделях называют искусственными обществами [Макаров, 2006].

Этот подход в большей степени отражает поведение реального населения, так как демографические события всегда происходят с отдельными людьми. К преимуществам микромоделей можно отнести их способность моделировать более сложное демографическое поведение, взаимодействия между людьми, родственные связи. Модели микроуровня приспособлены к моделированию демографического поведения индивидов в условиях их ограниченной рациональности [Саймон, 1993] и неполноты информации. Помимо этого, микромоделей позволяют формировать выборки населения по любому набору критериев, что упрощает обработку результатов прогнозов.

Основные недостатки микромоделей – зачастую большая сложность реализации и высокие требования к памяти и вычислительной мощности ЭВМ. Для того чтобы явно задать каждого человека из населения, состоящего из миллионов людей, и смоделировать все демографические события за несколько лет требуются значительные вычислительные ресурсы. При помощи масштабирования моделей можно добиться сокращения требований, но это приведет к потерям в точности прогноза.

Два наиболее распространенных класса моделей микроуровня: агент-ориентированные [Silverman et al., 2013] и микроимитационные [Волков, 2014] модели. Сложно провести четкие границы между двумя этими классами, но агент-ориентированные модели в большей степени нацелены на моделирование сложного демографического поведения и взаимодействий между алгоритмическими методами. Здесь могут использоваться функции предпочтений, моделироваться стимулы и мотивы поведения. Микроимитационные модели при прогнозировании динамики населения главным образом применяют статистические методы. Обычно это дискретно-событийное моделирование на основе эмпирических данных прошлых временных периодов.

Часто применяются комбинированные модели, которые сочетают в себе черты микро- и макроподходов [Староверов, 2006]. Например, рождаемость и смертность могут моделироваться на микроуровне, а на макроуровне реализуются процессы, которые оказывают влияние на все население. К таким процессам можно отнести изменение рождаемости и продолжительности жизни под влиянием миграционного перехода или иных социальных изменений, институциональные ограничения. При построении демографических прогнозов на микроуровне имеет смысл реализовывать процессы формирования исходного населения и моделирования демографических событий. На макроуровне происходит хранение информационной базы прогноза, агрегация статистики по всему населению или районам, реализация модельного времени и демографических тенденций.

Рассмотрим практическую реализацию многоуровневой модели населения с предложенным набором характеристик на примере демографического прогноза Республики Коми до 2050 г. Применение методики позволило впервые построить прогноз населения республики с декомпозицией на районный уровень и с учетом качественного состава будущего населения. Микроимитационная компьютерная модель реализована на языке программирования C#.

Точкой начала прогноза выбран 2010 г., в котором проходила Всероссийская перепись населения. Поэтому на этот год имеются наиболее точные и подробные статистические данные о населении, его половозрастном и образовательном составе, пространственном расположении. Шаг прогноза – один календарный год. Иерархически модель включает в себя три уровня: индивидуальный (микроуровень, более 900 тыс. человек), районный (20 городских округов и муниципальных районов) и региональный (население в целом).

Модель включает пять видов событий: рождение, старение, миграция (по направлениям), обучение (по образовательным уровням) и смерть. Годовые вероятности демографических событий определяются усреднением данных статистических бюллетеней за четыре года. Вероятности событий зависят от значений характеристик человека. Так, вероятность смерти зависит от пола, возраста и типа поселения, в котором живет человек. В табл. 1 приведены все зависимости между характеристиками населения и событиями модели. Знаком «+» отмечены пересечения события с теми характеристиками, которые влияют на вероятность соответствующего события.

Таблица 1  
Table 1

**Влияние характеристик населения на вероятности событий**  
**The impact of population characteristics on the probability of events**

		Характеристики населения					
		Пол	Возраст	Район	Город / село	Число детей	Образование
События	Рождение	+	+	-	+	+	-
	Старение	-	-	-	-	-	-
	Смерть	+	+	-	+	-	-
	Миграция	+	+	+	-	-	+
	Обучение	+	+	+	-	-	+

В случае если событие происходит, то его результат зависит от вида события. Рождение и иммиграция создают в модели нового человека. Возраст, образование и число детей новорожденного задаются равными нулю, а район проживания и тип поселения наследуются от матери. Пол определяется вероятностно (в Республике Коми на протяжении последних 10 лет доля мальчиков среди рожденных составляла 0.511). Все характеристики мигрантов определяются вероятностно на основе усредненных данных за четыре года. Эмиграция и смерть удаляют человека из модели, сохраняя всю статистику о нем на момент смерти (отъезда), что позволяет впоследствии анализировать состав умерших и покинувших регион жителей. Внутренняя миграция изменяет район и/или тип поселения человека. Старение повышает его возраст, а обучение – образовательный уровень.

Вероятности событий не могут оставаться неизменными на протяжении десятилетий. Поэтому при прогнозировании используют ряд методов определения будущих параметров рождаемости, смертности и миграционного движения населения. Они включают анализ временных рядов, экспертные оценки, метод аналогий (история демографического развития других территорий), демографические методы (например, опросы о репродуктивных и миграционных установках населения) и социально-экономические модели. Формулировкой таких гипотез занимаются многие международные организации, такие как Организация объединенных наций (ООН), Всемирный банк, Международный институт прикладного системного анализа и др.

В прогноз населения Республики Коми заложены шесть гипотез об изменении демографических и образовательных тенденций региона. Три из них связаны с демографией: постепенное повышение ожидаемой продолжительности жизни при рождении и суммарного коэффициента рождаемости согласно скорректированным оценкам ООН [UN Population division, 2014], инерционный миграционный сценарий. Три связаны со сферой образования: переход на двухуровневую систему высшего профессионального образования (ВПО), сокращение доли негосударственных учебных заведений в структуре ВПО и замещение среднего специального уровня образования прикладным бакалавриатом.

Результаты прогноза. Вычислительный эксперимент с моделью позволил получить детальный прогноз населения Республики Коми до 2050 г. Табл. 2 отражает динамику общей численности населения, населения по основным возрастным группам и среднего образовательного уровня населения республики. Трудоспособным считается возраст от 16 до 59 лет для мужчин и от 16 до 54 лет для женщин.

Согласно полученному прогнозу, общая численность населения Республики Коми уже к 2030 г. сократится на 20.2 п. п. относительно уровня 2010 г., а к 2050 г. – на 36.3%. Увеличение доли мужчин с 47.5% до 49.3% свидетельствует о тенденции к сокращению гендерных диспропорций. Продолжающиеся процессы урбанизации приведут к снижению доли сельского населения в общем населении региона с 23.0% в 2010 г. до 17.5% в 2050 г. Небольшой естественный прирост быстро сменится убылью, которая будет варьироваться в пределах от 1.5 до 2.5 тыс. человек в год. Миграционный отток будет более значительным на протяжении всего прогнозного периода. Сальдо миграции сократится с 11.0 до 4.4 тыс. человек в год под влиянием общей депопуляции региона. Наибольший вес в общей миграции занимает межрегиональная убыль, которая сократится с 11,9 до 5.0 тыс. чел. в год. Межрегиональное выбытие превосходит прибытие примерно вдвое. Международная миграция будет иметь положительное сальдо от 0.6 до 1,0 тыс. человек в год.

**Прогноз численности населения Республики Коми  
по основным возрастным группам и среднего образовательного уровня до 2050 г.  
Projection of the Komi Republic population on the main age groups and educational levels out to 2050**

Год	Общая численность населения, тыс. человек	Население в возрасте, тыс. человек			Средний образовательный уровень населения, лет обучения
		моложе трудоспособного	трудоспособном	старше трудоспособного	
2010	901.0	159.8	582.8	158.4	10.00
2015	854.2	165.9	508.8	179.5	9.99
2020	808.2	163.5	454.1	190.6	10.02
2025	763.0	153.0	421.0	189.0	10.14
2030	719.1	138.5	396.5	184.1	10.35
2035	678.5	129.4	368.0	181.1	10.50
2040	640.0	125.1	336.8	178.1	10.55
2045	605.3	121.4	310.7	173.2	10.56
2050	574.3	116.5	294.9	162.9	10.57

Интересны перспективы изменения возрастного состава населения. Доля населения региона трудоспособного возраста к 2050 г. сократится с 64.7% до 51.3%. Доля молодой возрастной группы вырастет с 17.7% до 20.3%. Наконец, вклад пенсионеров в общую численность населения увеличится наиболее заметно (с 17.6% до 28.4%) под влиянием роста продолжительности жизни и миграционной убыли трудоспособного населения. Столь радикальное изменение возрастного состава не может не привести к значительному росту демографической нагрузки на трудоспособное население (рис. 1).

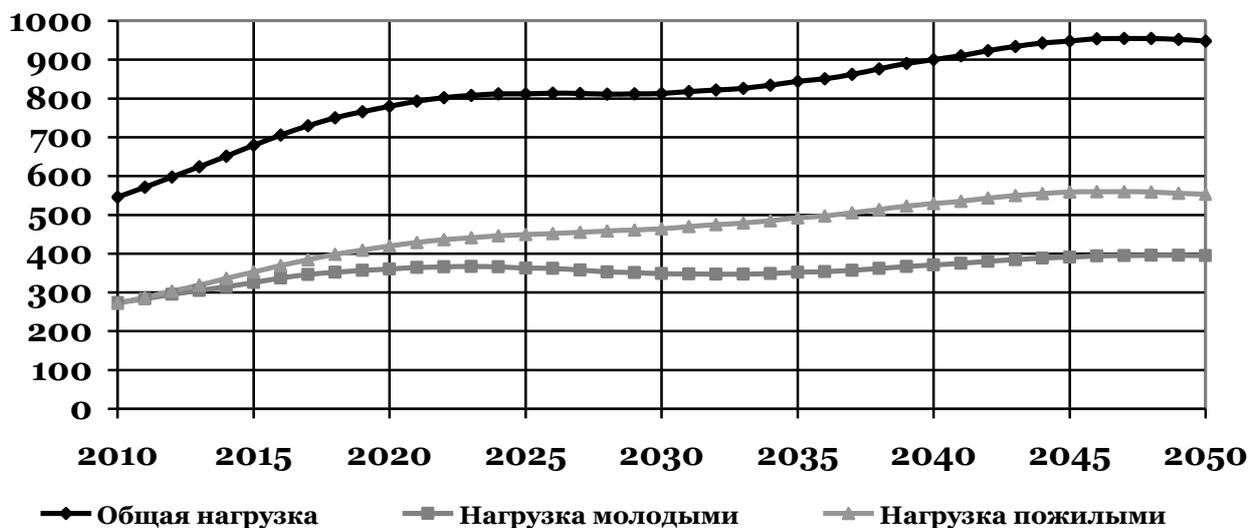


Рис. 1. Прогноз демографической нагрузки на 1000 человек населения трудоспособного возраста Республики Коми до 2050 г.

Fig. 1. Projection of the Komi Republic dependency ratio out to 2050

Рисунок показывает, что демографическая нагрузка, как и многие другие демографические показатели, носит волнообразный характер. Демографическая нагрузка молодыми увеличится к 2050 г. с 274 до 395 человек на 1000 человек трудоспособного населения. Демографическая нагрузка пожилыми возрастет с 272 до 552 человек. Наибольший прирост нагрузки приходится на первое десятилетие прогноза.

Средний образовательный уровень населения (см. табл. 1) за прогнозный период возрастет с 10,0 до 10,6 лет. Оценим будущий образовательный потенциал населения Республики Коми при помощи суммирования числа лет обучения всего населения региона. Суммарный образовательный потенциал региона сократится к 2050 г. с 9,0 до 6,1 млн. человеко-лет. Его убыль будет составлять 32,6% против 36,3% убыли общей численности населения. Таким образом, прогнозируемое увеличение среднего образовательного уровня населения региона не сможет значительно нивелировать ситуацию, вызванную миграционным оттоком образованного населения республики.

Прогноз районного уровня позволил оценить территориальную дифференциацию демографических тенденций. Согласно результатам прогноза, лишь в двух районах из двадцати ожидается прирост населения. Это столица региона – г. Сыктывкар и прилегающий к нему Сыктывдинский муниципальный район. Выгодное географическое расположение на юге республики, более высокое, чем в среднем по региону качество жизни, наличие множества учебных заведений обеспечивают привлекательность столицы для внутренней миграции. Население Сыктывкара будет возрастет вплоть до 2025 г., когда достигнет максимума (263 тыс. человек против 251 тыс. в 2010 г.). Затем, в связи с исчерпанием потенциала внутренней миграции, население начнет постепенно сокращаться. Более стремительная депопуляция, чем в среднем по региону, будет наблюдаться в шестнадцати городах и районах. Особенно высокая убыль прогнозируется в моногородах на севере региона: Воркуте (снижение на 53.6% к 2050 г.), Вуктыле (49.2%) и Инте (47.1%), а также в некоторых отдаленных сельских территориях.

### Заключение

Предложений в статье методический инструментарий позволил построить демографический прогноз Республики Коми, который функционально превосходит существующие. Во-первых, многоуровневая архитектура прогноза приспособлена для прогнозирования демографической динамики одновременно на трех иерархических уровнях: индивидуальном, районном и региональном. Во-вторых, предложенный набор характеристик населения позволил учитывать дополнительные факторы изменения демографических показателей и оценить качественный состав будущего населения. В ходе анализа результатов прогнозирования были выявлены возможные масштабы негативных демографических тенденций северного региона. Полученная модель может быть адаптирована к любой другой территории, применяться при разработке программ демографического и социально-экономического развития.

### Список литературы References

1. Волков А.Г. 2014. Избранные демографические труды: сборник научных статей. М., Изд. дом ВШЭ, 567.  
Volkov A.G. 2009. Izbrannyye demograficheskiye trudy [Selected works on demography: a collection of scientific articles]. Moscow, HSE Publishing House, 567.
2. Рыбаковский Л.Л. 2003. Демографический понятийный словарь. М., ЦСП, 352.  
Rybakovskiy L.L. 2003. Demograficheskiy ponyatiynyy slovar' [Demographic conceptual dictionary]. Moscow, TsSP, 352.
3. Макаров В.Л. 2006. Искусственные общества. Искусственные общества, 1 (1). – С. 10-24.  
Makarov V.L. 2006. Artificial societies. Iskusstvennyye obshchestva [Artificial societies]. 1 (1). – P. 10-24.
4. Римашевская Н.М., Бочкарева В.К., Мигранова Л.А., Молчанова Е.В., Токсанбаева М.С. 2013. Человеческий потенциал российских регионов. Народонаселение, 61 (3).- С. 82-141.  
Rimashevskaya N.M., Bochkareva V.K., Migranov L.A., Molchanova E.V., Toksanbaeva M.S. 2013. Human potential of Russian regions. Narodonaselenie [Population]. 61 (3). – P. 82-141.
5. Саймон Г.А. 1993. Рациональность как процесс и продукт мышления [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://ecsocman.hse.ru/data/629/779/1217/3\\_1\\_2simon.pdf](http://ecsocman.hse.ru/data/629/779/1217/3_1_2simon.pdf) (7 декабря 2015).  
Simon H. 1993. Rationality as a process and product of thought [Rationality as process and as product of thought] [Electronic resource]. - URL: [http://ecsocman.hse.ru/data/629/779/1217/3\\_1\\_2simon.pdf](http://ecsocman.hse.ru/data/629/779/1217/3_1_2simon.pdf) (accessed 7 December 2015).
6. Смирнов А.В. 2015. Человеческий потенциал науки и образования северных регионов. Региональная экономика: теория и практика, 400 (25). – С. 60-72.  
Smirnov A.V. 2015. The human resources of science and education of the northern regions. Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika [Regional economics: theory and practice]. 400 (25). – P. 60-72.
7. Староверов О.В. 2006. Отдельные модели экономической социологии. М., Наука, 232.  
Staroverov O.V. 2006. Otdel'nye modeli ekonomicheskoy sotsiologii [Selected models of economic sociology]. Moscow, Nauka, 232.
8. Фаттахов М.Р. 2013. Агент-ориентированная модель социально-экономического развития Москвы. Экономика и математические методы, 49 (2). – С. 30-43.  
Fattakhov M.R. 2013. Agent-based model of socio-economic development of Moscow. Ekonomika i matematicheskiye metody [Economics and mathematical methods]. 49 (2). – P. 30-43.
9. Фаузер В.В., Стукалов И.Е., Конакова О.И. 2007. Влияние демографических процессов и образовательной системы на экономическое развитие региона. Сыктывкар, Изд. Коми НЦ УрО РАН, 140.  
Fauzer V.V., Stukalov E.I., Konakova O.I. 2007. Vliyanie demograficheskikh protsessov i obrazovatel'noy sistemy na ekonomicheskoe razvitiye regiona [The impact of the demographic processes and educational system on the economic development of the region]. Syktyvkar, Komi SC UrB of RAS Publ., 140.
10. Форрестер Дж. 2003. Мировая динамика. М., АСТ, 379.  
Forrester J. 2003. Mirovaya dinamika [World dynamics], Moscow, AST, 379.



11. Billari F.C., Diaz B.A., Fent Th., Prskawetz A., 2007. The «Wedding-Ring»: an agent-based marriage model based on social interaction. *Demographic research*, 17, 59-82.
12. Geard N., McCaw J.M., Dorin A., Korb K.B., McVernon J. 2013. Synthetic population dynamics: a model of household demography. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 16 (1). [Electronic resource]. - URL: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/16/1/8.html> (accessed 7 December 2015).
13. Lutz W., KC S. 2011. Global human capital: integrating education and population. *Science*, 6042 (333). - P. 587-592.
14. O'Neill B.C., Balk D., Brickman M., Ezra M. 2001. A guide to global population projections. *Demographic Research*, 4, 203-288.
15. Pedercini M. 2003. Potential contribution of existing computer-based models to comparative assessment of development options. [Electronic resource]. - URL: <http://folk.uib.no/sinem/WPSD/WPSD2.03PlanningModels.pdf> (accessed 7 December 2015).
16. Silverman E., Bijak J., Hilton J., Dung Cao V., Noble J. 2013. When demography met social simulation: a tale of two modelling approaches. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 16 (4). [Electronic resource]. - URL: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/16/4/9.html> (accessed 7 December 2015).
17. UN Population division. 2014. *World Population Prospects: The 2012 revision, methodology of the United Nations population estimates and projections*. New York: United Nations, 54.

# УЧЕТНАЯ ПОЛИТИКА И СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

УДК 336.764.1

## ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИНАНСОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ НА ПРИБЫЛЬ ПРИ УПРАВЛЕНИИ АКТИВАМИ И ПАССИВАМИ БАНКА

### JUSTIFICATION OF THE CHOICE AND OF FINANCIAL INSTRUMENTS TO PROFIT FROM THE MANAGEMENT OF ASSETS AND LIABILITIES OF THE BANK

**А.С. Киризлеева**  
**A.S. Kirizlyeyeva**

*Донецкий государственный университет управления,  
Украина, 283015, г. Донецк, ул. Челюскинцев, 163а*

*Donetsk State University of Management, 163a Chelyuskintsev st., Donetsk, 283015, Ukraine*

*E-mail: [akirizleeva@mail.ru](mailto:akirizleeva@mail.ru)*

*Аннотация.* В данной статье исследованы используемые методы управления активами и пассивами банка; обоснована необходимость и представлены пути повышения эффективности управления финансовыми инструментами и денежными потоками коммерческих банков. Проанализирована динамика развития финансовых инструментов коммерческих банков. Доказана необходимость и значимость проведения анализа влияния выборочных финансовых инструментов на прибыль банков, который позволил определить уровень значимости каждого инструмента на получение достигаемого результата и учитывать данные при разработке стратегии эффективного управления активами и пассивами банка.

*Resume.* This article examines the methods used to manage assets and liabilities of the bank; the necessity and ways to improve the management of financial instruments and cash flows of commercial banks are grounded and presented. The dynamics of financial instruments of commercial banks is analyzed. The necessity and importance of the analysis of the influence of selected financial instruments on the banks profit is proved. This analysis allowed us to determine the significance level of each instrument on the achieved results and take into account the data in the development of strategies for effective management of assets and liabilities of the bank.

*Ключевые слова:* активы, пассивы, коммерческие банки, риски.

*Keywords:* assets, liabilities, commercial banks, risks.

## Введение

Важным звеном кредитной системы страны являются как коммерческие банковские институты, принадлежащие ко второму уровню банковской системы, многофункциональные учреждения, которые предлагают своим клиентам широкий набор услуг, участвуют в финансовых операциях, обеспечивая профессиональное выполнение возложенных на них функций, так и небанковские финансово – кредитные учреждения, выполняющие определенные отдельные финансовые операции.

Особое значение имеют коммерческие банки в банковской системе. С помощью выполнения банковских операций осуществляется обеспечение и защита интересов юридических и физических лиц. Важным условием бесперебойной и прибыльной работы юридических лиц и нормальной жизнедеятельности физических лиц является непрерывность. Развитие рыночных отношений и законы жизни человека предполагают наличие разнообразных рисков, которые ведут к наличию потерь и убытков. Поэтому необходимо усовершенствовать систему управления активами и пассивами банковских институтов, предусматривающую функционирование банка в динамично меняющихся условиях.

Формирование системы управления активами и пассивами нашло широкое освещение в трудах многих ученых и практиков. Проблемой остается недостаточное изучение эффективного управления активами и пассивами банка и сохранения его надежности в условиях волатильности финансового рынка. В настоящее время финансовый рынок стран, которые развиваются, несовершенен и практически не развит, что подчеркивает актуальность темы исследования.



Многие ученые и практики такие, как Васюренко А.В., Гальчинский А.С., Дзюблук А.В., Ковальчук Т.Т., Лаврушин О.И., Панова Г.С., Дыба М. И., Осадчий Е. С. и другие, исследуют актуальные аспекты развития управления активами и пассивами банков. Все исследования вышеуказанных ученых и практиков основываются и пересекаются с работами известных зарубежных ученых [Дзюблук О., 2009].

Так, например, вопросы по структуре управления и взаимосвязи всех элементов этого процесса обсуждаются Брауном, Борио, Дули, Фолькергс-Ландау и Гарбером, Нили [Borio. K., 2008; Brown, J., 2002; Dooley K., Folkerts-Landau D., Garber A., 2004; Neely G., 2000].

Нути С. исследует причины, по которым различается уровень развития управления банковскими операциями в различных странах [Noogey S., 2000].

Калп Л. рассматривает риски банковских учреждений, классифицирует их в зависимости от типа событий, которые могут вызвать потенциальные потери. Используются многими учеными система классификации видов рисков, предложенная исследовательской группой Global [Culp L., 2001].

Целью исследования является определение направлений повышения эффективности управления активами и пассивами коммерческого банка.

### Результаты исследований

Управление активами и пассивами в коммерческих банках (ALM) осуществляется с помощью различных инструментов управления, предназначенных для минимизации воздействия рисков на банки, следовательно, потери прибыли и стоимости банков.

Управление активами и пассивами в коммерческом банке включает в себя все области, связанные с банковскими операциями - кредиты, депозиты, портфельные инвестиции, управление капиталом и другое [Brown, J., 2002]. С целью эффективного управления банковским институтом для получения максимальной прибыли при сохранении надежности необходимо анализировать, контролировать и управлять всеми денежными потоками банка, по которым отток и приток средств возможен как в настоящем, так и в будущем. Автор предлагает в систему управления активами и пассивами банка включать также управление операциями, которые отражаются как внебалансовые требования и обязательства. В противном случае банк не может рассчитать достоверно возможные потери при наступлении определенных рисков по операциям, которые учитываются на внебалансе, что может дестабилизировать работу банка.

В настоящее время существуют три способа стратегий управления активами и пассивами в коммерческих банках:

1. Стратегия управления активами (AMS) - стратегия по осуществлению контроля средств, поступающих через операции кредитования / распределения кредитов и процентных ставок.

2. Стратегия управления пассивами (LMS) - контроль источников средств и мониторинга стоимости депозитных и недепозитных обязательств - контроль цен, процентных ставок.

Стратегия управления финансами (FMS) - это более сбалансированный подход, который включает в себя как AMS и LMS стратегии [Dooley K., Folkerts-Landau D., Garber A., 2004].

Исследование теоретических основ эффективного управления активами и пассивами коммерческих банков позволило определить основные составляющие системы управления всеми денежными потоками с целью получения максимальной прибыли при обязательном сохранении интересов всех участников процесса банковской деятельности и соблюдении надежности институтов, что определяет эффективность их управления и развития.

Главной проблемой и результатом деятельности банковских институтов развивающихся стран является получение незначительных размеров прибыли или убытков, что противоречит главной цели функционирования данных институтов и оказывает негативное влияние на развитие экономики всей страны.

Представленные выводы подчеркивают необходимость и значимость проведения анализа влияния выборочных финансовых инструментов на прибыль банков, который позволит определить уровень значимости каждого инструмента на получение достигаемого результата и учитывать данные при разработке стратегии эффективного управления активами и пассивами банка.

Даны некоторые инструменты в динамике 20-ти российских банков России (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

**Статистические данные финансовых инструментов коммерческих банков**  
**The statistics of financial instruments of commercial banks**

Месяц, $t$	Активы нетто, $x_1$ , тыс. руб.	Вклады физических лиц, $x_2$ , тыс. руб.	Привлеченные МБК, $x_3$ , тыс. руб.	Чистая прибыль, $y$ , тыс. руб.	Внебалансовые обязательства, $x_4$ , тыс. руб.
Март, 2008	653597946.2	188735939.8	108420154.9	372722.55	215 186 894
Апрель, 2008	673439462.1	191949255.1	108268523.9	4907747.75	290 186 894
Май, 2008	683197577.9	197501527.9	113020313.2	6459225.9	311 186 894
Июнь, 2008	707291492.9	204364354.2	110931674	8285979.95	309 186 894
Июль, 2008	724983319.9	208247930.6	114258408.9	10010884.05	336 186 894
...	...	...	...	...	...
Август, 2014	2230680687	631253079.5	422739479.7	20394282.55	619 671 669
Сентябрь, 2014	2241732499	637542119.9	426040971.3	23993817.85	590 601 540
Октябрь, 2014	2311512192	638852350.3	441030873.3	27376469.95	601 671 600
Ноябрь, 2014	2427583686	650795611.8	461764201.3	29471572.6	612 671 469
Декабрь, 2014	2613567719	669894087.7	535875472.1	31017047.25	626 671 459

Учитывая данные табл. 1, целесообразно провести исследования относительно тесноты связи между факторами, которые влияют на уровень чистой прибыли в банковской системе и провести статистический анализ каждой зависимости, отражающие эту связь. Найти достаточно тесную статистическую связь и построить гипотетическую динамическую модель чистой прибыли. На основании Приложения 54 (матрицы парной корреляции) можно сделать следующие выводы:

Получение чистой прибыли ( $y$ , тыс. р.) тесно связаны с финансовыми инструментами «Активы нетто» ( $x_1$ , тыс. р.), «Вклады физических лиц» ( $x_2$ , тыс. р.), «Привлеченные МБК» ( $x_3$ , тыс. р.), «Внебалансовые обязательства» ( $x_4$ , тыс. р.) банковской системы, искусственно организованной из двадцати компонентов банковской системы России (тыс. р.), что подтверждается коэффициентами парной корреляции соответственно:  $R_{yx_1} \approx 0.84$ ,  $R_{yx_2} \approx 0.84$ ,  $R_{yx_3} \approx 0.75$ ,  $R_{yx_4} \approx 0.93$  (табл. 2).

Таблица 2  
Table 2

**Матрица корреляций**  
**Correlation matrix**

Величина	$y$	$t$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$y$	1				
$t$	0.596438134	1			
$x_1$	0.841956387	0.733993887	1		
$x_2$	0.842017147	0.746336719	0.992055972	1	
$x_3$	0.756103901	0.607849706	0.911942311	0.856972701	1
$x_4$	0.928298485	0.565486089	0.798020715	0.79614581	0.742683216

Процессное представление каждого актива показывает, что динамика реализации положительна, о чем свидетельствует соответствующая корреляция во времени:  $R_{tx_1} \approx 0.73$ ,  $R_{tx_2} \approx 0.75$ ,  $R_{tx_3} \approx 0.6$ ,  $R_{tx_4} \approx 0.57$  и соответствующие графики тенденции на рис. 3.

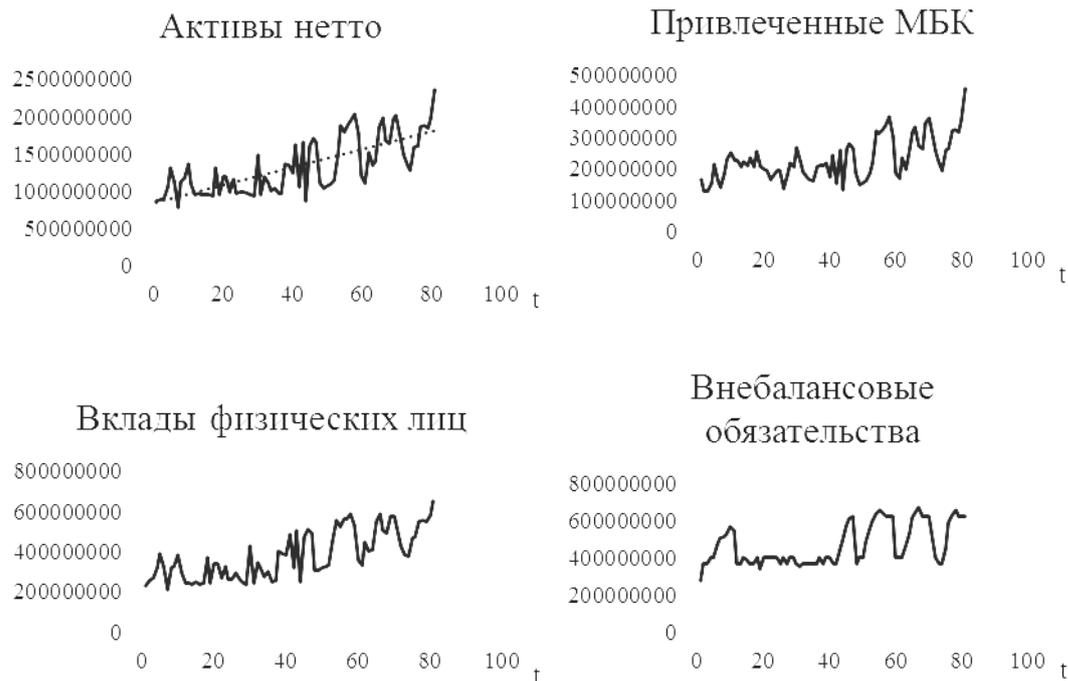


Рис. 1. Динамика финансовых инструментов  
Fig. 1. Dynamics of financial instruments

На основании выше представленного анализа функциональную зависимость чистой прибыли с вышеописанными финансовыми инструментами можно представить в виде следующего регрессионного уравнения (1.1).

$$y = -25430578 + 0.04602878x_1 - 0.09554626x_2 - 0.06554100x_3 + 0.05766082x_4 + \varepsilon \quad (1.1)$$

На следующем этапе следует вернуться к индикативным факторам (табл. 5.2). Влияние на прирост чистой прибыли эффективности приростов всех рассматриваемых факторов активами нетто ( $x_1$ ), вкладами физических лиц ( $x_2$ ), привлеченными МБК ( $x_3$ ), внебалансовых обязательств ( $x_4$ ) определяется коэффициентом множественной корреляции  $R = 0.32$ , который показывает достаточно предельную среднюю тесноту связи. Коэффициент детерминации  $R = 0.10$  говорит о том, что если в совокупности показатели эффективности изменить на 1%, прирост чистой прибыли изменится на 10%, что говорит о достаточно весомом вкладе в прирост чистой прибыли банковской системы. Это означает, что 10% прироста чистой прибыли объясняется данными финансовыми инструментами, остальные 90% определяется приростом неучтенных факторов.

В свою очередь отдельно изменение на 1% прироста активов нетто ( $X_1$ ), влечет изменение прироста чистой прибыли ( $Y$ ) на 0.3%; изменение на 1% прироста вкладов физических лиц ( $X_2$ ) – на 0,01%; изменение на 1% прироста привлеченных МБК ( $X_3$ ) – на 1.22%; изменение на 1% прироста внебалансовых обязательств ( $X_4$ ) – на 7.59%.

Таким образом, проведенный статистический анализ влияния выборочных финансовых инструментов на прибыль банков доказал высокую степень влияния используемых финансовых инструментов коммерческим банком.

### Выводы

Управление активами и пассивами банка является продолжительным процессом разработки, мониторинга, пересмотром и осуществлением стратегий, связанных с активами и обязательствами, капиталом для достижения финансовой цели максимизации процентного спреда или поля для заданного уровня риска.

В исследовании доказано, что с целью эффективного управления банковским институтом для получения максимальной прибыли при сохранении надежности необходимо анализировать, контролировать и управлять всеми денежными потоками банка, по которым отток и приток средств возможен как в настоящем, так и в будущем.

### Список литературы References

1. Дзюблук О. 2009. Грошово-кредитна політика в період кризових явищ на світових фінансових ринках. Вісник Національного банку України. № 5. – С. 20–30.
2. Dzyublyuk A. 2009. Monetary policy during the crisis in global financial markets. Proceedings of the National Bank of Ukraine. № 5. - P. 20-30.
3. Borio. K. 2008. A Bank Asset and Liability Management Model. Operations Research. 34. – P. 356–376.
4. Brown J. 2002. Worldwide Asset and Liability Modeling, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
5. Culp L. 2001. Short-Term Financial Planning under Uncertainty. Management Science. 28. – P. 670–682.
6. Dooley K., Folkerts-Landau D., Garber A. 2004. The Theory of Liability driven Investments. Life & Pensions Magazine. 2, 5. – P. 39-44.
7. Neely G. 2000. Dynamic Allocation Decisions in the Presence of Liability Constraints. Working paper, EDHEC Risk and Asset Management Research Centre.
8. Noogey S. 2000. Contingent Immunization-Part II: Problem Areas. Financial Analysts Journal (January–February). – P. 35–50.



# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 004.7

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

### PERFORMANCE EVALUATION SOFTWARE

**Г.С. Петриченко<sup>1</sup>, В.Г. Петриченко<sup>2</sup>**  
**G.S. Petrichenko<sup>1</sup>, V.G. Petrichenko<sup>2</sup>**

<sup>1)</sup> Кубанский государственный технологический университет, Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2

<sup>1)</sup> *Kuban State Technological University, 2, Moskovskaya st., Krasnodar, 350072 Russian Federation*

<sup>2)</sup> Северо-Кавказский филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет правосудия», Россия, 350002, г. Краснодар, ул. Леваневского, 187

<sup>2)</sup> *North-Caucasian branch of the Federal State Budget Institution of Higher Education «Russian State University of Justice», Russia, 350002, Krasnodar, ul. Levanevskogo 187*

*e-mail: petry\_gr@mail.ru; mel.viktorya@yandex.ru*

*Аннотация.* В настоящее время актуальной проблемой является оценка различных вариантов антивирусного программного обеспечения, которое появляется на рынке программных продуктов. В статье, для решения задачи выбора покупки и установки на рабочие станции того или иного варианта антивирусного программного обеспечения, который принимает руководство предприятием совместно с администратором сети, предлагается применять комплексную методику основанную на экспертных методах. Комплексная методика включает следующие этапы: определение частных показателей (критериев) антивирусного программного обеспечения и вычисления их относительных значений; вычисление весовых коэффициентов критериев на основе применения метода анализа иерархий; определение обобщенного показателя для каждого антивирусного программного обеспечения. Антивирусное программное обеспечение с наибольшим обобщенным показателем для лица, принимающего решение, принимается в качестве покупки и установки на рабочие станции.

*Resume.* Currently, the actual problem is the evaluation of the various options of antivirus software that appears on the software market. In an article for the solution of choice of the purchase and installation on the workstations of a particular variant of the anti-virus software, which takes the management of the company in conjunction with the network administrator, it is proposed to use a comprehensive methodology based on expert methods. Complex technique involves the following steps: determination of partial indicators (criteria), antivirus software, and calculating their relative values; calculation of weight coefficients of criteria on the basis of the analytic hierarchy process; definition of a generalized indicator for each anti-virus software. Anti-virus software with the most generalized indicator for the decision-maker, if-as understood in the purchase and installation of workstations.

*Ключевые слова:* экспертное оценивание, антивирусное программное обеспечение, оценка, метод анализа иерархий

*Keywords:* expert assessment, antivirus software, evaluation, analytic hierarchy process

## Введение

В настоящее время с увеличением значимости информации, которая циркулирует по телекоммуникационным каналам связи и находится в обработке с применением средств вычислительной техники, возникает необходимость в ее защите.

Одним из многочисленных средств защиты информации, является антивирусное программное обеспечение.

Антивирусное программное обеспечение предназначено для защиты корпоративных рабочих станций от различного рода угроз.

На рынке программного обеспечения очень много антивирусных программ и перед покупателем возникает вопрос, какую программу купить и установить на рабочие станции, чтобы она обеспечивала надежный уровень защиты.

Оценивать антивирусное программное обеспечение необходимо по совокупности частных показателей. В качестве частных показателей можно использовать: стоимость, срок лицензии, время запуска, число бесплатных обновлений, онлайн спрос качества и т.д.

Приобретение лицензионного антивирусного программного обеспечения и его установка требует определенных экономических затрат. Поэтому ставится задача оптимизации при приобретении и установке программного обеспечения.

### Постановка задачи

Для проведения сравнительной оценки известных антивирусных программ, можно использовать обобщенный показатель, включающий в себя частные показатели программного обеспечения (ПО).

В общем случае обобщенный показатель антивирусного программного обеспечения, может быть представлен в виде следующего выражения:

$$W_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} k_i, \tag{1}$$

где  $a_{ij}$  – относительные значения частных показателей антивирусного программного обеспечения;  $k_i$  – коэффициенты веса частных показателей антивирусного ПО;  $j = \overline{1, n}$  – количество антивирусного ПО, участвующего в проведении сравнительной оценки;  $i = \overline{1, k}$  – количество частных показателей (критериев) антивирусного ПО.

При оценке антивирусного программного обеспечения целесообразно использовать частные показатели (критерии): стоимость антивирусного программного обеспечения  $S$ ; срок лицензии  $t_n$ ; время запуска  $t_j$ ; число бесплатных обновлений  $N$ ; онлайн опрос  $k$ .

На решение данной проблемы направлена эта статья.

### Решение задачи

Процесс вычисления обобщенного показателя сравнительной оценки можно разбить на два этапа.

На первом этапе вычисления определяют относительное значение одного и того же частного показателя для различного антивирусного программного обеспечения. Для этого каждое значение частного показателя антивирусного программного обеспечения делят на наихудшее и получают относительное значение частного показателя. Аналогично вычисляют относительные оценки для всех частных показателей антивирусного программного обеспечения и составляют таблицу. Пусть, например, первый частный показатель  $S$  антивирусного программного обеспечения  $A_1$  принимает наихудшее значение при  $(a_{11})$ , второй показатель  $t_n$  при антивирусном программном обеспечении  $A_2$  ( $a_{22}$ ), третий показатель время запуска  $t_3$  ( $a_{32}$ ), четвертый показатель число бесплатных обновлений  $N$  ( $a_{43}$ ) при антивирусном методе  $A_3$  и пятый показатель онлайн опрос при антивирусном методе  $A_3$  ( $a_{53}$ ). Составим таблицу относительной оценки частных показателей антивирусного программного обеспечения (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

**Относительные оценки частных показателей антивирусного программного обеспечения**  
**Relative valuation metrics private antivirus software**

Номер частного показателя	Антивирусный метод А1	Антивирусный метод А2	Антивирусный метод А3
1	1	$a_{11} / a_{12}$	$a_{11} / a_{13}$
2	$a_{21} / a_{22}$	1	$a_{23} / a_{22}$
3	$a_{32} / a_{31}$	1	$a_{32} / a_{33}$
4	$a_{41} / a_{43}$	$a_{42} / a_{43}$	1
5	$a_{51} / a_{53}$	$a_{52} / a_{53}$	1

Каждое значение частного показателя ( $a_{ij}$ ) делят на наихудшее, при стремлении частного показателя к максимальному значению. В случае стремления коэффициента частного показателя к минимуму, наибольшее значение частного показателя делят на текущее.

На втором этапе вычисления обобщенного показателя сравнительной оценки учитывают значимость каждого частного показателя антивирусного программного обеспечения с помощью коэффициентов веса, которые определяют методами экспертных оценок или с помощью метода анализа иерархий.



При использовании метода экспертных оценок создается группа экспертов – лиц, высококвалифицированных в области оценки программного обеспечения. Они оценивают относительную важность каждого показателя программного обеспечения в обобщенном показателе и дают параметрам относительную оценку. Собранные данные по каждому весу усредняют. Оценка каждого эксперта сравнивают со средней величиной и на основании этого сравнения вводят веса экспертов.

При применении метода анализа иерархий [Петриченко и др., 2011; Петриченко и др., 2012] составляется матрица сравнений для частных показателей.

Частные показатели сравниваются между собой, вычисляется вектор частных показателей и вектор приоритетов. Вектор приоритетов будем считать весовыми коэффициентами частных показателей антивирусного программного обеспечения.

Технология применения МАИ такова [Петриченко и др., 2008; Саати, 1993].

1. Построение иерархии осуществляется с вершины – цели анализа в нашем случае это средство защиты (в частности антивирусные программы), которое необходимо выбрать.

2. Построим множество матрицы парных сравнений для частных показателей.

Парные сравнения проводятся в терминах доминирования одного из элементов над другим. При этом задаваемые вопросы попадают в одну из трех категорий: какой из элементов важнее или имеет большее воздействие? Какой из элементов более вероятен? Какой из элементов предпочтительнее? Результаты сравнений выражаются в целых числах в соответствии со шкалой относительной важности (табл. 2).

Таблица 2  
Table 2

**Шкала относительной важности**  
**The scale of the relative importance of**

Интенсивность относительной важности	Определение
1	Равная важность
3	Умеренное превосходство одного над другим
5	Существенное или сильное превосходство
7	Значительное превосходство
9	Очень сильное превосходство
2, 4, 6, 8	Промежуточные решения между двумя соседними суждениями
Обратные величины приведенных выше чисел	Если при сравнении одного элемента с другим получено одно из вышеуказанных чисел (например, 7), то при сравнении второго элемента с первым получим обратную величину (т.е. 1/7)

В матрице сравнивается относительная важность левых элементов с элементами наверху. Поэтому если элемент слева доминирует над элементом наверху, то в клетку заносится положительное целое (от 1 до 9); в противном случае – обратное число (дробь). Симметричные клетки матрицы автоматически заполняются обратными величинами. Относительная важность любого элемента, сравниваемого с самим собой, равна 1.

3. После проведения всех парных сравнений и ввода данных для матрицы сначала сформируем набор (вектор) локальных приоритетов, которые выражают относительное влияние множества элементов на элемент примыкающего сверху уровня, а затем проверим их согласованность. Для получения оценки вектора приоритетов, необходимо сначала вычислить компоненты собственного вектора по строкам матрицы. Процедура определения собственных векторов состоит из перемножения  $n$ -элементов в строке матрицы и извлечения  $n$ -й степени из перемноженных элементов (т.е. геометрической средней по строкам матрицы). Полученный таким образом столбец чисел нормализуется делением каждого числа на сумму собственных векторов. Нормализованный столбец чисел и будет являться вектором приоритетов. Согласованность локальных приоритетов проверим путем вычисления индекса согласованности (ИС) и отношения согласованности (ОС). Для индекса согласованности имеем

$$ИС = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1),$$

где  $n$  – число сравниваемых элементов;

$\lambda_{\max}$  – наибольшее собственное значение рассматриваемой матрицы суждений.

Отношение согласованности получаем путем деления значения ИС на число, соответствующее случайной согласованности матрицы того же порядка (см. табл. 3).

Таблица 3  
Table 3

**Случайная согласованность**  
**Random consistency**

Размер матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайная согласованность	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Величина ОС должна быть порядка 10% или менее, чтобы быть приемлемой. В некоторых случаях допускается 20%, но не более. Если ОС выходит за эти пределы, то необходимо вновь исследовать задачу и проверить все суждения.

Рассмотрим на наглядном примере (см. табл. 4) применение данной методики. Пусть на фирме стоит задача по выбору антивирусной программы для защиты корпоративной сети из трех имеющихся вариантов (A1,A2,A3), различных производителей, различных по срокам лицензии, стоимости, числу бесплатных обновлений и онлайн опросу по пяти частным показателям (критериям).

Таблица 4  
Table 4

**Критерии программного обеспечения  
Software Criteria**

Критерии	A1	A2	A3
Стоимость	80\$	23\$	26\$
Срок лицензии	35 д	30 д	35 д
Время запуска	5 сек	10 сек	7 сек
Число бесплатных обновлений	3	3	2
Онлайн опрос качества	45%	30%	25%

Первый этап. Определяем относительные значения частных показателей (критериев) для всех антивирусных программ (см. табл. 5).

Таблица 5  
Table 5

**Относительные значения частных показателей (критериев)  
The relative values of the partial indicators (criteria)**

Критерии	A1	A2	A3
Стоимость – K1	1	3,47826087	3,076923077
Срок лицензии – K2	1,166667	1	1,166666667
Время запуска – K3	2	1	1,428571429
Число бесплатных обновлений – K4	1,5	1,5	1
Онлайн опрос качества – K5	1,8	1,2	1

Второй этап. Построим матрицу парных сравнений критериев (частных показателей) для определения их веса (см. табл. 6).

Таблица 6  
Table 6

**Матрица парных сравнений критериев (частных показателей)  
Paired comparisons of criteria matrix (partial indicators)**

Критерии	K1	K2	K3	K4	K5	Вектор критериев	Веса критериев
<b>K1</b>	1	0,2	4	5	0,2	0,9563525	0,132542323
<b>K2</b>	5	1	3	5	0,5	2,064458959	0,286116454
<b>K3</b>	0,25	0,33	1	2	0,2	0,506495684	0,070195994
<b>K4</b>	0,2	0,2	0,5	1	0,11	0,294684638	0,040840785
<b>K5</b>	5	2	5	9	1	3,39345819	0,470304444
$\lambda_{\max} = 5,377755$ ИС = 0,094438842 ОС = 0,084320395							

Из табл. 6 видно, что онлайн опрос качества – воспринимается экспертной группой как наиболее важный критерий.

Третий этап. Определяем значение обобщенного показателя  $W_j$ , применяя выражение (1).

Коэффициенты веса частных показателей антивирусного программного обеспечения  $k_i$  перемножаются на относительные значения частных показателей  $a_{ij}$ , а затем суммируются. Полученный, таким образом, обобщенный показатель  $W_j$  по каждому программному обеспечению, используется лицом принимающим решение по выбору средств защиты компьютерной сети.



Альтернатива с наибольшим значением обобщенного показателя  $W_j$  является предпочтительной для лица, принимающего решение.

Результаты вычисления обобщенного показателя  $W_j$  сведены в табл. 7.

Таблица 7  
Table 7

**Результаты вычисления обобщенного показателя**  
**The results of calculation of generalized index**

<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
1,514546	1,442955734	1,353050282

Итак, победителем оказывается A1 с наибольшим значением обобщенного показателя.

### Заключение

Таким образом, в результате проведения сравнительного анализа антивирусного программного обеспечения первое место занял программный продукт A1. Максимальные весовые коэффициенты частных показателей имеют: онлайн опрос качества  $K5=0,47$  и срок лицензии  $K2=0,28$ .

### Список литературы

#### References

Петриченко Г.С., Дудник Л.Н., Срур М.Ю. 2011. Методика оценки финансового риска при проектировании и монтаже компьютерной сети предприятия. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. Т.2(120):18-25.

Petrichenko G.S., Dudnik L.N., Srur M.Ju. 2011. Metodika ocenki finansovogo riska pri proektirovanii i montazhe komp'juternoj seti predprijatija. Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta. Informatika. Telekommunikacii. Upravlenie. T.2(120): 18-25.

Петриченко Г.С., Григорян Н.К., Медовщиков М.И. 2012. Методика разработки экспертной системы руководителя для принятия управленческих решений. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. Т.1(140): 60-66.

Petrichenko G.S., Grigorjan N.K., Medovshnikov M.I. 2012. Metodika razrabotki jekspertnoj sistemy rukovoditelja dlja prinjatija upravlencheskih reshenij. Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta. Informatika. Telekommunikacii. Upravlenie. T.1(140): 60-66.

Петриченко Г.С., Нарыжная Н.Ю., Гоголев В.Н. 2008. Моделирование управленческих ситуаций по защите информации с применением иерархической системы неисправностей. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2008. Т.2(55): 103-107.

Petrichenko G.S., Naryzhnaja N.Ju., Gogolev V.N. 2008. Modelirovanie upravlencheskih situacij po zashhite informacii s primeneniem ierarhicheskoj sistemy neispravnostej. Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta. Informatika. Telekommunikacii. Upravlenie. 2008. T.2(55): 103-107.

Саати, Т. 1993. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 278.

Saati, T. 1993. Prinjatie reshenij. Metod analiza ierarhij. M.: Radio i svjaz', 278.

УДК 621.396.01

**О РАЗРАБОТКЕ АЛГОРИТМА ОПТИМАЛЬНОЙ СУБПОЛОСНОЙ ДВУМЕРНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ****ON DEVELOPMENT OF OPTIMAL SUBBAND TWO-DIMENSIONAL INTERPOLATION ALGORITHM****Е.Г. Жилияков, А.А. Черноморец, Е.В. Болгова  
E.G. Zhilyakov, A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova***Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85**Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia**e-mail: zhilyakov@bsu.edu.ru, chernomorets@bsu.edu.ru, bolgova\_e@bsu.edu.ru*

**Аннотация.** В статье приведены основные положения разработанного алгоритма оптимальной субполосной интерполяции. Для проверки работоспособности разработанного метода на примере интерполяции изображений разработан соответствующий алгоритм. Для сравнения результатов субполосной интерполяции с результатами применения известных методов были проведены вычислительные эксперименты. Результаты вычислительных экспериментов показывают преимущество разработанного метода оптимальной субполосной интерполяции как в количественных значениях погрешности результатов интерполяции по сравнению с известными анализируемыми методами, так и при их визуальном сравнении – применение метода оптимальной субполосной интерполяции позволяет получить результаты интерполяции, которые имеют меньший «лестничный» эффект, чем при использовании анализируемых известных методов.

**Resume.** The article presents the basic provisions of the developed algorithm of optimal subband interpolation. To check the efficiency of this method it was developed relevant algorithm using the example of the image interpolation. To compare subband interpolation results with the results of known methods the computational experiments were performed. The results of computational experiments show the advantage of this method of optimal subband interpolation both in numerical values of the interpolation results error in comparison with the known analyzed methods and in their visual comparison - the application of the method of optimal subband interpolation allows to obtain interpolation results that have a smaller "staircase" effect than analyzed known methods.

**Ключевые слова:** интерполяция, подобласть пространственных частот, субполосная матрица, доли энергии.

**Keywords:** interpolation, subdomain spatial frequencies, subband matrix, the fraction of energy.

Проблема интерполяции зарегистрированных данных возникает при необходимости осуществления анализа промежуточных значений, находящихся между известными значениями. Такая проблема может иметь место, например, при формировании сигналов с большей дискретизацией. Особый интерес представляет решение задачи интерполяции многомерных данных, например, при увеличении размеров изображений и т.д. В данной работе описание решения задачи многомерной интерполяции дано на примере изображений.

Наиболее распространенными из известных методов интерполяции изображений являются методы «ближайшего соседа», билинейной интерполяции, бикубической (сплайн) интерполяции [Половко А., 2004]. Однако, полученные в результате интерполяции на основе указанных методов изображения, зачастую, имеют отдельные нежелательные эффекты, такие как эффекты сглаживания деталей («размытия»), «лестничный» эффект, эффект Гиббса [Гонсалес Р., 2006]. Также существующие методы обладают неточностью при интерполяции значений между интервалами интерполяции. Предложенный в данной работе алгоритм оптимальной субполосной двумерной интерполяции позволяет несколько снизить отрицательное влияние указанных эффектов на результаты интерполяции.

Теоретические основы метода оптимальной субполосной интерполяции разработаны в [Жилияков Е.Г., 2016].

Изображение, подлежащее интерполяции, представим в виде прямоугольной матрицы вещественных чисел  $U=(u_{m_1,m_2})$ ,  $m_1=1,2,\dots,M_1$ ,  $m_2=1,2,\dots,M_2$ . Значения интерполирующего изображения  $\hat{U}=(\hat{u}_{n_1,n_2})$ ,  $n_1=1,2,\dots,N_1$ ,  $n_2=1,2,\dots,N_2$ , следует вычислять в  $D_1$  и  $D_2$  точках между исходными пикселями вдоль соответствующих осей координат ( $D_1$  и  $D_2$  – коэффициенты интерполяции). При этом в узлах интерполяции должны выполняться следующие равенства:



$$\hat{u}_{D_1(m_1-1)+1, D_2(m_2-1)+1} = u_{m_1 m_2}, \quad m_1 = 1, 2, \dots, M_1, \quad m_2 = 1, 2, \dots, M_2. \quad (1)$$

Имея в виду основные положения теории дискретизации [Сергиенко А.Б., 2011.], естественно потребовать, чтобы в спектре  $\hat{F}(x_1, x_2)$  интерполирующего изображения  $\hat{U}$  присутствовали только компоненты, соответствующие спектру  $F(\omega_1, \omega_2)$  исходного изображения  $U$ ,

$$\hat{F}(x_1, x_2) = \begin{cases} D_1 D_2 F(D_1 x_1, D_2 x_2), & (x_1, x_2) \in V_{\pi}^{\frac{1}{D_1}, \frac{1}{D_2}}, \\ 0, & (x_1, x_2) \in V_{\pi} \cap \bar{V}_{\pi}^{\frac{1}{D_1}, \frac{1}{D_2}}, \end{cases} \quad (2)$$

где

$$V_{\pi}^{\frac{1}{D_1}, \frac{1}{D_2}} = \{(x_1, x_2) \mid -\pi/D_1 \leq x_1 < \pi/D_1, \quad -\pi/D_2 \leq x_2 < \pi/D_2\}, \quad (3)$$

$$\hat{F}(x_1, x_2) = \sum_{i_1=1}^{N_1} \sum_{i_2=1}^{N_2} \hat{u}_{i_1 i_2} e^{-jx_1(i_1-1)} e^{-jx_2(i_2-1)},$$

$$F(\omega_1, \omega_2) = \sum_{m_1=1}^{M_1} \sum_{m_2=1}^{M_2} u_{m_1 m_2} e^{-j\omega_1(m_1-1)} e^{-j\omega_2(m_2-1)}.$$

Для вычисления результатов субполосной интерполяции используются два подхода к построению вспомогательных оптимизационных задач [Жилияков Е.Г., 2016]:

- первый подход основан на максимизации доли энергии интерполирующей функции в заданной подобласти ПЧ (3),

- второй подход (используется в случае вырожденности применяемых в первом подходе матриц) основан на минимизации нормы соответствующих производных интерполирующей функции в заданной подобласти ПЧ (3).

На основании разработанного в [Жилияков Е.Г., 2016] метода оптимальной субполосной интерполяции разработан вычислительный алгоритм, словесное описание которого состоит в следующем:

1. Ввести исходные данные:

-  $M_1, M_2$  – размеры окна интерполяции  $U = (u_{ik})$ ,  $i = 1, 2, \dots, M_1$ ,  $k = 1, 2, \dots, M_2$ ;

-  $D_1, D_2$  – количество вычисляемых значений интерполирующей функции между узлами интерполяции (коэффициенты интерполяции);

-  $\Phi$  – матрица значений яркости обрабатываемого изображения, расширенная нулями вдоль его границ на соответствующий размер окна интерполяции (расширение нулями необходимо для получения на основании разработанного метода результатов интерполяции между узлами, находящимися вдоль границы изображения),

$$\Phi = \{f_{ik}\}, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad k = 1, 2, \dots, M;$$

-  $\varepsilon_0, \varepsilon_1$  – положительные числа, используемые для определения близких к нулю и почти единичных вспомогательных значений.

2. Выполнить инициализацию матриц, содержащих результаты  $U$  и  $\Phi$  интерполяции окна  $U$  и всего изображения  $\Phi$  соответственно:

- инициализировать матрицу  $U = (u_{ik})$ ,  $i = 1, 2, \dots, N_1$ ,  $k = 1, 2, \dots, N_2$ , содержащую результаты интерполяции окна  $U$ , где

$$N_1 = D_1(M_1 - 1) + 1, \quad N_2 = D_2(M_2 - 1) + 1;$$

- инициализировать матрицу  $\Phi = (f_{ik})$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $k = 1, 2, \dots, M$ , содержащую результаты интерполяции всего изображения

$$\hat{N} = D_1(N - 1) + 1, \quad \hat{M} = D_2(M - 1) + 1.$$

3. Выполнить инициализацию соответствующих субполосных матриц, а также матриц собственных чисел и векторов субполосных матриц, используемых при вычислениях:

- вычислить субполосные матрицы [Черноморец А.А., 2010; Черноморец А.А., 2011]  $A_{\Omega_1} = (a_{ik}^{\Omega_1})$

и  $A_{\Omega_2} = (a_{ik}^{\Omega_2})$  для ППЧ  $V_1 = (0, \frac{\pi}{D_1})$  и  $V_2 = (0, \frac{\pi}{D_2})$  соответственно по каждой из координат пространственных частот:

$$a_{ik}^{\Omega_1} = \begin{cases} \frac{\sin(\frac{\pi}{D_1}(i-k))}{\pi(i-k)}, & i \neq m, \\ \frac{1}{D_1}, & i = k, \end{cases}, \quad i, k = 1, 2, \dots, N_1 - 1, \quad a_{ik}^{\Omega_2} = \begin{cases} \frac{\sin(\frac{\pi}{D_2}(i-k))}{\pi(i-k)}, & i \neq m, \\ \frac{1}{D_2}, & i = k, \end{cases}, \quad i, k = 1, 2, \dots, N_2 - 1.$$

В процессе многочисленных вычислительных экспериментов было обнаружено, что для решения задачи интерполяции изображений предпочтительнее использовать ППЧ  $V_1 = (0, \frac{\pi}{2D_1})$  и  $V_2 = (0, \frac{\pi}{2D_2})$  по каждой из координат пространственных частот.

- вычислить упорядоченные по убыванию собственные числа  $\lambda_1^{\Omega_1}, \lambda_2^{\Omega_1}, \dots, \lambda_{N_1-1}^{\Omega_1}$  и  $\lambda_1^{\Omega_2}, \lambda_2^{\Omega_2}, \dots, \lambda_{N_2-1}^{\Omega_2}$  и соответствующие им собственные векторы  $\vec{q}_1^{\Omega_1}, \vec{q}_2^{\Omega_1}, \dots, \vec{q}_{N_1-1}^{\Omega_1}$ ,  $\vec{q}_1^{\Omega_2}, \vec{q}_2^{\Omega_2}, \dots, \vec{q}_{N_2-1}^{\Omega_2}$  субполосных матриц  $A_{\Omega_1}$  и  $A_{\Omega_2}$  соответственно;

- вычислить  $J_1^0, J_2^0$  – номера первых в упорядоченной последовательности собственных чисел близких к нулю для субполосных матриц  $A_{\Omega_1}$  и  $A_{\Omega_2}$  соответственно:

$$\lambda_i^{\Omega_1} < \varepsilon_0, i = J_1^0, \dots, N_1 - 1,$$

$$\lambda_i^{\Omega_2} < \varepsilon_0, i = J_2^0, \dots, N_2 - 1;$$

- вычислить  $J_1^1, J_2^1$  – количество почти единичных собственных чисел субполосных матриц  $A_{\Omega_1}$  и  $A_{\Omega_2}$  соответственно;

$$\lambda_i^{\Omega_1} > 1 - \varepsilon_1, i = 1, 2, \dots, J_1^1,$$

$$\lambda_i^{\Omega_2} > 1 - \varepsilon_1, i = 1, 2, \dots, J_2^1;$$

- сформировать диагональные матрицы  $L_1 = \text{diag}(\lambda_1^{\Omega_1}, \lambda_2^{\Omega_1}, \dots, \lambda_{J_1^1}^{\Omega_1})$ ,  $L_2 = \text{diag}(\lambda_1^{\Omega_2}, \lambda_2^{\Omega_2}, \dots, \lambda_{J_2^1}^{\Omega_2})$ , диагональными элементами которых являются первые  $J_1^0 - 1$  и  $J_2^0 - 1$  в упорядоченной последовательности собственные числа субполосных матриц  $A_{\Omega_1}$  и  $A_{\Omega_2}$  соответственно;

- сформировать матрицы  $Q_1 = (\vec{q}_1^{\Omega_1}, \vec{q}_2^{\Omega_1}, \dots, \vec{q}_{J_1^0-1}^{\Omega_1})$  и  $Q_2 = (\vec{q}_1^{\Omega_2}, \vec{q}_2^{\Omega_2}, \dots, \vec{q}_{J_2^0-1}^{\Omega_2})$ , размерности  $N_1 - 1 \times J_1^0 - 1$  и  $N_2 - 1 \times J_2^0 - 1$  соответственно, столбцы которых образованы первыми  $J_1^0 - 1$  и  $J_2^0 - 1$  собственными векторами субполосных матриц  $A_{\Omega_1}$  и  $A_{\Omega_2}$  соответственно;

4. Вычислить матрицы  $W_1$  и  $W_2$  :

- если  $J_1^1 = 0, J_2^1 = 0$ , то выполнить вычисления (соответствует подходу к субполосной интерполяции на основе максимизации доли энергии оценки производной в ППЧ вида (3)):

$$W_1 = I_1 - L_1,$$

$$W_2 = I_2 - L_2,$$

где  $I_1, I_2$  – единичные матрицы, размерности  $J_1^0 - 1 \times J_1^0 - 1$  и  $J_2^0 - 1 \times J_2^0 - 1$  соответственно.

- в противном случае (соответствует подходу к субполосной интерполяции на основе минимизации нормы производной в ППЧ вида (3)):

$$W_1 = I_1,$$

$$W_2 = I_2.$$

5. Вычислить матрицы и векторы:

-  $B_1$  и  $B_2$  – треугольные матрицы, размерности  $N_1 - 1 \times N_1 - 1$  и  $N_2 - 1 \times N_2 - 1$  соответственно, содержащие единицы под главной диагональю;

-  $B_1$  и  $B_2$  – треугольные матрицы размерности  $M_1 - 1 \times N_1 - 1$  и  $M_2 - 1 \times N_2 - 1$  соответственно, полученные путем прореживания матриц  $B_1$  и  $B_2$  с шагом  $D_1$  и  $D_2$  соответственно;

-  $\vec{e}_1, \vec{e}_2$  – векторы, состоящие из единиц, размерности которых  $(N_1 - 1)$  и  $(N_2 - 1)$  соответственно;

-  $\vec{\gamma}_1, \vec{\gamma}_2$  – векторы, состоящие из единиц, размерности которых  $(M_1 - 1)$  и  $(M_2 - 1)$  соответственно

6. Для каждого текущего положения окна интерполяции задать матрицу  $U = (u_{ik}), i = 1, 2, \dots, M_1, k = 1, 2, \dots, M_2$ , содержащую соответствующие значения пикселей исходного изображения  $\Phi$ , и выполнить следующие действия:

- создать матрицу  $U_u$ , размерности  $M_1 - 1 \times M_2 - 1$ , на основе значений пикселей окна интерполяции:

$$U_u = (u_{ik}), i = 2, \dots, M_1, k = 2, \dots, M_2,$$

- вычислить результат интерполяции в окне интерполяции

$$\hat{U}_u = u_{11} \vec{e}_1 \vec{e}_2^T + B_1 Q_1 W_1^{-1} Q_1^T B_1^T (B_1 Q_1 W_1^{-1} Q_1^T B_1^T)^{-1} (U_u - u_{11} \vec{\gamma}_1 \vec{\gamma}_2^T) (W_2^{-1} Q_2^T B_2^T (B_2 Q_2 W_2^{-1} Q_2^T B_2^T)^{-1})^T Q_2^T B_2^T, \quad (4)$$

- сохранить в результирующее изображение  $\Phi$  часть элементов матрицы  $U_u$ , расположенных между ее элементами, соответствующими центральным узлам интерполяции окна,  
 - перейти к следующему положению окна интерполяции.

7. Конец.

Легко понять, что при неизменных условиях соответствующие произведения матриц  $B_1, B_2, V_1, V_2, Q_1$  и  $Q_2$  можно вычислить заранее. Это позволяет при каждом шаге интерполяции осуществлять только умножение фрагмента обрабатываемого изображения на эти матрицы.

Целью вычислительных экспериментов является проверка работоспособности разработанного метода оптимальной субполосной интерполяции изображений и сравнительное оценивание погрешности результатов субполосной интерполяции с результатами применения известных методов интерполяции.

При проведении вычислительных экспериментов по оцениванию метода оптимальной субполосной интерполяции предлагается сравнение результатов интерполяции изображений различными методами осуществить на основе вычислительных экспериментов по сравнению среднеквадратических погрешностей восстановления изображений путем их интерполяции различными методами после предварительной децимации исследуемых изображений.

Для интерполяции изображений использован разработанный метод оптимальной субполосной интерполяции на основе аппроксимации производной с помощью собственных векторов субполосной матрицы с использованием соотношения (4). При этом расчеты вспомогательных матриц будут осуществлены как на основе решения задачи максимизации долей энергии производных в заданной ППЧ, так и на основе минимизации нормы соответствующих производных.

Чтобы провести сравнение разработанного и существующих методов интерполяции (масштабирования) изображений в качестве существующих методов использованы методы «ближайшего соседа, билинейной и бикубической (сплайн) интерполяции, реализованные в среде Matlab.

В качестве анализируемых изображений использованы изображения земной поверхности (например, изображение, приведенное на рис. 1), размещенные в открытом доступе на сайте Института Обработки сигналов и изображения Университета Южной Калифорнии USC Sipi (<http://sipi.usc.edu/database/>), на котором размещены коллекции цифровых изображений, предназначенных для проведения исследований по обработке и анализу изображений и машинному зрению.

Размерность анализируемых изображений выбрана равной  $512 \times 512$  пикселей, чтобы имелась возможность выполнять децимацию исходных изображений с выбранными величинами шага децимации.



Рис. 1. Исходное изображение (ИН1)

Fig. 1. The original image (IN1)

При применении метода оптимальной субполосной интерполяции значения коэффициентов интерполяции  $D_1$  и  $D_2$  были выбраны одинаковыми ( $D_1 = D_2$ ).

Также были выбраны одинаковые размеры окна интерполяции  $M_1 = M_2$ .

В ходе вычислительных экспериментов были использованы следующие значения  $M_1 = \{4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18\}$  и  $D_1 = \{2, 4, 8\}$ .

Данный диапазон значений  $D_1$  и  $M_1$  позволил выявить особенности применения каждого из исследуемых методов.

В процессе расчетов исходные изображения подвергались децимации с шагом  $D_1$  (предварительно была выполнена их низкочастотная фильтрация в ППЧ  $\{(0, \frac{\pi}{D_1}), (0, \frac{\pi}{D_1})\}$ ). Затем выполнялась интерполяция на основе анализируемых методов.

Для сравнения результатов интерполяции было использовано среднеквадратическое отклонение (погрешность интерполяции):

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M (g_{ik} - \hat{f}_{ik})^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M g_{ik}^2},$$

где  $g_{ik}$ ,  $i=1,2,\dots,N$ ,  $k=1,2,\dots,M$ , – пиксели исходного (или отфильтрованного) изображения до выполнения децимации,  $\hat{f}_{ik}$  – результат интерполяции, полученный одним из исследуемых методов.

Погрешность интерполяции (среднеквадратическое отклонение) было вычислено как относительно исходных так и относительно отфильтрованных изображений.

Результаты вычислительных экспериментов по оцениванию погрешности интерполяции изображения ИН1 (рис. 1) различными методами приведены на рис. 2–7 и в табл. 1 и 2.

На рис. 2–4 представлены результаты формирования исходных данных для интерполяции: фильтрации изображения ИН1 в соответствующих ППЧ и последующей децимации с заданным шагом соответственно  $D_1 = \{2,4,8\}$ .

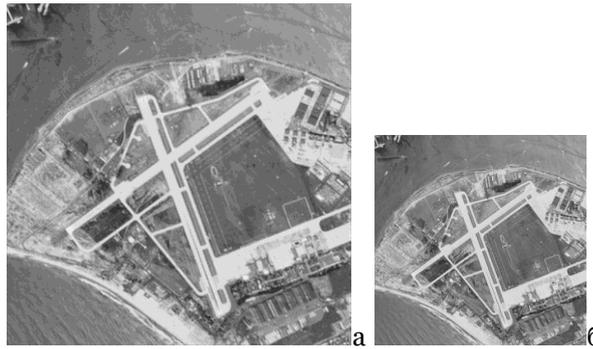


Рис. 2. Формирование исходных данных для интерполяции изображения ИН1 при  $D_1 = 2$ : результаты фильтрации изображения ИН1 в соответствующей ППЧ (а) и последующей децимации (б)

Fig. 2. Generating of initial data for image IN1 interpolation for  $D_1 = 2$ : image IN1 filtering results in the appropriate SSF (a) and the subsequent decimation (b)

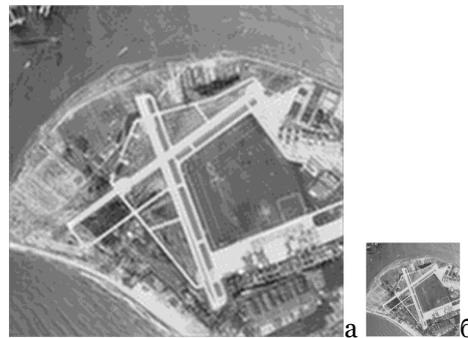


Рис. 3. Формирование исходных данных для интерполяции изображения ИН1 при  $D_1 = 4$ : результаты фильтрации изображения ИН1 в соответствующей ППЧ (а) и последующей децимации (б)

Fig. 3. Generating of initial data for image IN1 interpolation for  $D_1 = 4$ : image IN1 filtering results in the appropriate SSF (a) and the subsequent decimation (b)

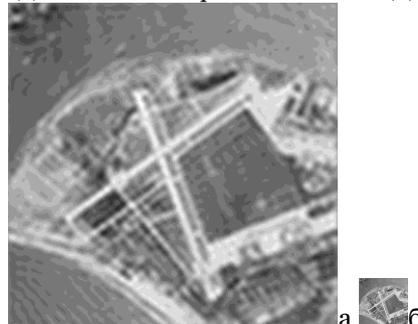


Рис. 4. Формирование исходных данных для интерполяции изображения ИН1 при  $D_1 = 8$ : результаты фильтрации изображения ИН1 в соответствующей ППЧ (а) и последующей децимации (б)

Fig. 4. Generating of initial data for image IN1 interpolation for  $D_1 = 8$ : image IN1 filtering results in the appropriate SSF (a) and the subsequent decimation (b)



Для изображений, представленных на рис. 2б, 3б и 4б, было вычислено интерполирующее изображение с коэффициентами интерполяции соответственно  $D_1 = \{2, 4, 8\}$  различными методами. Результаты вычисления погрешностей приведены в табл. 1 и 2.

В табл. 1 приведены результаты вычисления погрешности (среднеквадратическое отклонение) интерполируемых изображений относительно исходного изображения ИИ1 (рис. 1) и результатов фильтрации в соответствующих ППЧ (рис. 2а, 3а, 4а) при применении метода оптимальной субполосной интерполяции расчеты вспомогательных матриц осуществлены на основе решения задачи максимизации долей энергии производных в заданной ППЧ.

Таблица 1

Table 1

**Среднеквадратическое отклонение результатов интерполяции изображения ИИ1  
(максимизация доли энергии производных в заданной ППЧ)  
The standard deviation of image ИИ1 interpolation results  
(maximization of energy derivatives at a given SSF)**

Метод интерполяции	D <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	относительно результата фильтрации		относительно исходного изображения	
			MSE	PSNR	MSE	PSNR
Ближайшего соседа	2		0,0702	28,0208	0,0812	26,7496
Билинейная	2		0,0327	34,6520	0,0523	30,5647
Бикубическая	2		0,0234	37,5627	0,0471	31,4822
Оптимальная субполосная (максимизация энергии производных в заданной ППЧ)	2	4	0,0283	35,9101	0,0497	31,0148
	2	6	0,0192	39,3310	0,0451	31,9153
	2	8	0,0148	41,6498	0,0433	32,3290
	2	10	0,0132	42,7089	0,0427	32,5190
	2	12	0,0127	43,1308	0,0424	32,6362
	2	14	0,0124	43,3890	0,0423	32,7312
	2	16	<b>0,0122</b>	<b>43,6025</b>	<b>0,0422</b>	<b>32,8165</b>
	2	18	0,1052	24,9437	0,1126	24,3449
Ближайшего соседа	4		0,0788	27,1547	0,1108	24,1696
Билинейная	4		0,0455	31,9316	0,0902	25,9546
Бикубическая	4		0,0323	34,8939	0,0844	26,5333
Оптимальная субполосная (максимизация энергии производных в заданной ППЧ)	4	4	0,0384	33,4033	0,0869	26,2778
	4	6	0,0256	37,0483	0,0820	26,9070
	4	8	0,0206	39,0836	0,0806	27,1869
	4	10	0,0188	39,9713	0,0802	27,3611
	4	12	0,0181	40,4279	0,0800	27,5147
	4	14	0,0177	40,7628	0,0799	27,6566
	4	16	<b>0,0173</b>	<b>41,1273</b>	<b>0,0798</b>	<b>27,8030</b>
	4	18	1,0030	5,9820	1,0036	5,9505
Ближайшего соседа	8		0,0839	26,9025	0,1445	22,1194
Билинейная	8		0,0515	31,1346	0,1287	23,1230
Бикубическая	8		0,0371	33,9969	0,1237	23,4695
Оптимальная субполосная (максимизация энергии производных в заданной ППЧ)	8	4	0,0434	32,6290	0,1259	23,3159
	8	6	0,0291	36,3654	0,1221	23,8448
	8	8	0,0237	38,4121	0,1218	24,1357
	8	10	0,0218	39,4038	0,1222	24,3771
	8	12	0,0211	39,9760	0,1230	24,6139
	8	14	0,0205	40,5378	0,1238	24,8648
	8	16	<b>0,0200</b>	<b>41,0763</b>	<b>0,1247</b>	<b>25,1247</b>
	8	18	0,1728	22,6978	0,2127	20,8268

Для сравнения двух подходов субполосной интерполяции, а именно на основе максимизации доли энергии производных в заданной ППЧ и на основе минимизации нормы соответствующих производных, наряду с результатами субполосной интерполяции, приведенными в табл. 1, в табл. 2 приведены результаты субполосной оптимальной интерполяции при расчете вспомогательных

матриц на основе решения задачи минимизации нормы соответствующих производных (без повторного указания результатов интерполяции на основе других методов).

Таблица 2  
Table 2

**Среднеквадратическое отклонение результатов оптимальной субполосной интерполяции изображения ИИ1 (минимизация нормы производных)  
The standard deviation of the optimal subband interpolation result of image IN1 (minimization of the derivatives rules)**

Метод интерполяции	D1	M1	относительно результата фильтрации		относительно исходного изображения	
			MSE	PSNR	MSE	PSNR
Оптимальная субполосная (минимизация нормы производных)	2	4	0,0284	35,8807	0,0497	31,0053
	2	6	0,0191	39,4023	0,0450	31,9284
	2	8	0,0148	41,6368	0,0433	32,3272
	2	10	0,0132	42,7185	0,0427	32,5199
	2	12	0,0127	43,1331	0,0424	32,6364
	2	14	0,0124	43,3888	0,0423	32,7311
	2	16	0,0121	43,6447	0,0421	32,8200
	2	18	0,0119	43,9088	0,0420	32,9194
	2	20	<b>0,0116</b>	<b>44,1567</b>	<b>0,0419</b>	<b>33,0080</b>
	2	22	0,0131	43,1734	0,0423	32,9911
	2	24	0,0690	28,8053	0,0796	27,5555
Оптимальная субполосная (минимизация нормы производных)	4	4	0,0385	33,3893	0,0870	26,2750
	4	6	0,0254	37,1233	0,0820	26,9140
	4	8	0,0205	39,0858	0,0806	27,1871
	4	10	0,0188	39,9792	0,0802	27,3615
	4	12	0,0181	40,4316	0,0800	27,5149
	4	14	0,0177	40,7632	0,0799	27,6567
	4	16	0,0173	41,1066	0,0798	27,8021
	4	18	0,0169	41,4634	0,0799	27,9345
	4	20	0,0164	41,8227	0,0798	28,0758
	4	22	<b>0,0162</b>	<b>42,0967</b>	<b>0,0800</b>	<b>28,2049</b>
	4	24	0,0165	42,1049	0,0801	28,3400
Оптимальная субполосная (минимизация нормы производных)	8	4	0,0434	32,6195	0,1259	23,3147
	8	6	0,0288	36,4539	0,1220	23,8494
	8	8	0,0237	38,4180	0,1218	24,1358
	8	10	0,0218	39,4120	0,1222	24,3773
	8	12	0,0211	39,9799	0,1230	24,6140
	8	14	0,0205	40,5399	0,1238	24,8648
	8	16	0,0200	41,0748	0,1247	25,1244
	8	18	0,0197	41,5454	0,1252	25,4291
	8	20	0,0193	42,0757	0,1254	25,7790
	8	22	<b>0,0190</b>	<b>42,6364</b>	<b>0,1258</b>	<b>26,1348</b>
	8	24	0,0198	42,6982	0,1264	26,5421

Данные, приведенные в табл. 1 и 2, показывают, что результаты применения различных подходов оптимальной субполосной интерполяции (вычисление вспомогательных матриц основано в первом случае на максимизации доли энергии производных в заданной ППЧ и во втором случае – на

основе минимизации нормы соответствующих производных) имеют практически совпадающие величины погрешности интерполяции. Поэтому, в дальнейших экспериментах использован подход, основанный на решении задачи максимизации долей энергии производных в заданной ППЧ, так как он позволяет получить приемлемые погрешности при меньших вычислительных затратах.

Результаты, приведенные в табл. 1 и 2, показывают преимущество разработанного метода оптимальной субполосной интерполяции в погрешности результатов интерполяции по сравнению с известными анализируемыми методами.

Результаты в табл. 1 и 2 также показывают, что незначительная погрешность интерполяции при применении разработанного метода была достигнута при размерах окна интерполяции  $16 \times 16$ . Рост погрешности при больших, чем  $16 \times 16$  размерах окна интерполяции можно объяснить ограниченной точностью расчетов в среде Matlab и близостью к единице собственных чисел соответствующих субполосных матриц, что приводит к вырожденности матриц, обрабатываемых в процессе вычислений.

Для визуального сравнения результатов на рис. 5–7 приведены результаты интерполяции при различных значениях коэффициента интерполяции  $D_1 = \{2, 4, 8\}$ .

На рис. 5 приведены результаты интерполяции анализируемыми методами при значении коэффициента интерполяции  $D_1 = 2$  (при применении метода оптимальной субполосной интерполяции использовано окно интерполяции размером  $16 \times 16$ ).

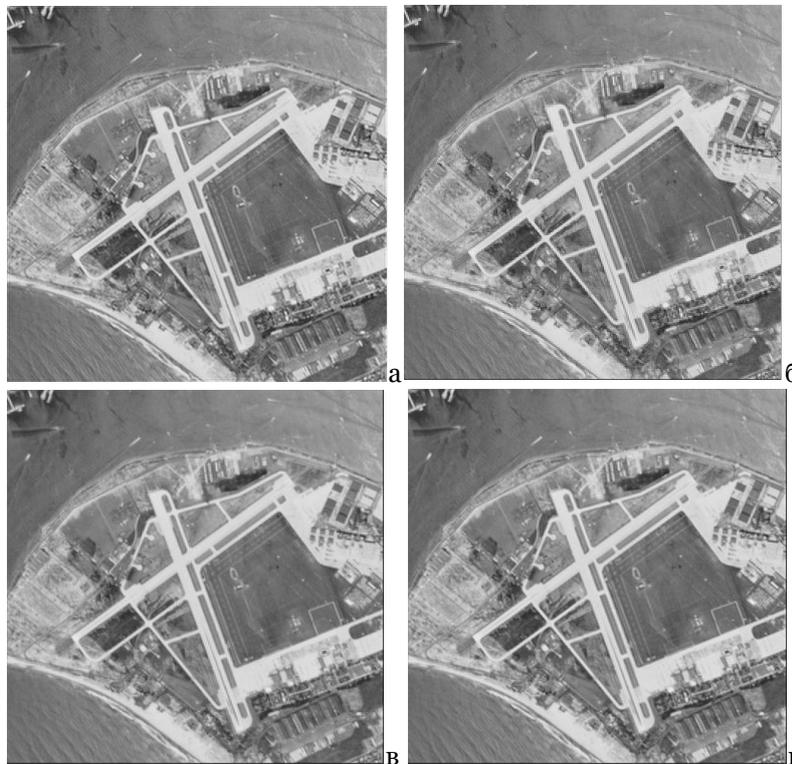


Рис. 5. Результаты интерполяции изображения ИН1 различными методами при  $D_1 = 2$ : а – оптимальный субполосный метод ( $M_1 = 16$ , вычисляется максимум энергии оценки производной в заданной ППЧ), б – метод «ближайшего соседа», в – билинейная интерполяция, г – бикубическая интерполяция

Fig. 5. Image IN1 interpolation results using different methods for  $D_1 = 2$ : a – optimal subband method ( $M_1 = 16$ , calculate the maximum energy of derivative valuation in given SSF), b – "Nearest neighbor" method, c – bilinear interpolation, d – bicubic interpolation

На рис. 6 приведены результаты интерполяции анализируемыми методами при значении коэффициента интерполяции  $D_1 = 4$  (при применении метода оптимальной субполосной интерполяции использовано окно интерполяции размером  $16 \times 16$ ).

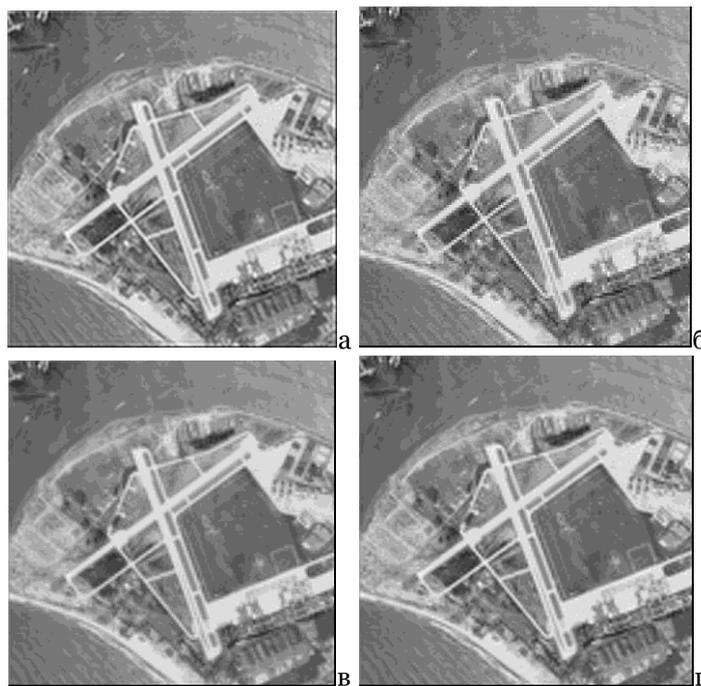


Рис. 6. Результаты интерполяции изображения ИН1 различными методами при  $D_1 = 4$ : а – оптимальный субполосный метод ( $M_1 = 16$ , вычисляется максимум энергии оценки производной в заданной ППЧ), б – метод «ближайшего соседа», в – билинейная интерполяция, г – бикубическая интерполяция

Fig. 6. Image IN1 interpolation results using different methods for  $D_1 = 4$ : a –optimal subband method ( $M_1 = 16$ , calculate the maximum energy of derivative valuation in given SSF), b – "Nearest neighbor" method, c – bilinear interpolation, d – bicubic interpolation

На рис. 7 приведены результаты интерполяции анализируемыми методами при значении коэффициента интерполяции  $D_1 = 8$  (при применении метода оптимальной субполосной интерполяции использовано окно интерполяции размером  $16 \times 16$ ).

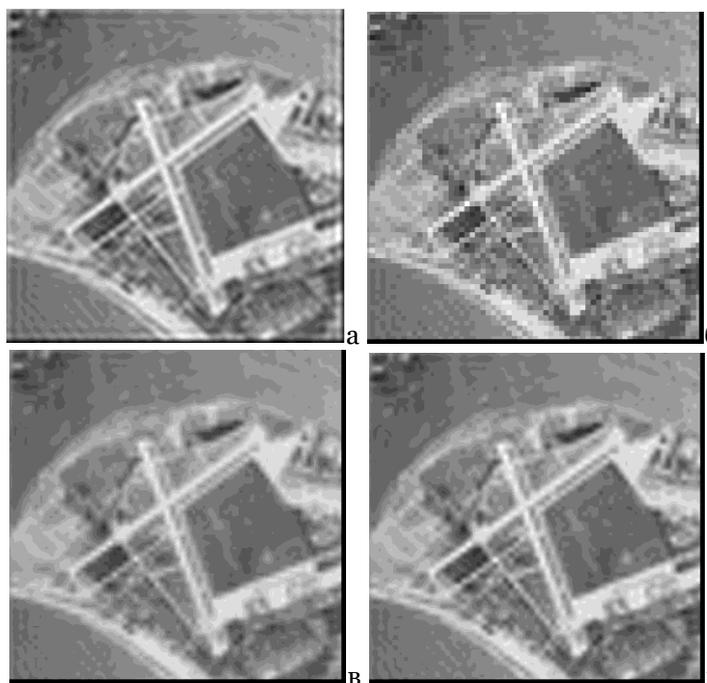


Рис. 7. Результаты интерполяции изображения ИН1 различными методами при  $D_1 = 8$ : а – оптимальный субполосный метод ( $M_1 = 16$ , вычисляется максимум энергии оценки производной в заданной ППЧ), б – метод «ближайшего соседа», в – билинейная интерполяция, г – бикубическая интерполяция

Fig. 7. Image IN1 interpolation results using different methods for  $D_1 = 8$ : a –optimal subband method ( $M_1 = 16$ , calculate the maximum energy of derivative valuation in given SSF), b – "Nearest neighbor" method, c – bilinear interpolation, d – bicubic interpolation



Изображения, представленные на рис. 5–7, визуально демонстрируют, что при применении метода оптимальной субполосной интерполяции результаты интерполяции имеют меньший «лестничный» эффект, чем при использовании анализируемых известных методов.

Аналогичные вычислительные эксперименты были проведены при использовании других исходных изображений.

Результаты, приведенные в табл. 1 и 2, показывают, что снижение погрешности интерполяции при применении разработанного метода может быть достигнуто при увеличении размеров окна интерполяции. Однако, при размерах окна интерполяции больших, чем  $16 \times 16$  (табл. 1), проявляется возрастание погрешности, что можно объяснить ограниченной точностью расчетов в среде Matlab и близостью к единице собственных чисел соответствующих субполосных матриц, что приводит к вырожденности матриц, обрабатываемых в процессе вычислений.

Приведенные выше результаты вычислительных экспериментов показывают преимущество разработанного метода оптимальной субполосной интерполяции как в количественных значениях погрешности результатов интерполяции по сравнению с известными анализируемыми методами, так и при их визуальном сравнении – применение метода оптимальной субполосной интерполяции позволяет получить результаты интерполяции, которые имеют меньший «лестничный» эффект, чем при использовании анализируемых известных методов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-07-00451.

### Список литературы References

Половко А., Бутусов П. 2004. Интерполяция. Методы и компьютерные технологии их реализации. СПб., БХВ-Петербург, 320.

Polovko A., Butusov P. 2004. Interpoljacija. Metody i komp'juternye tehnologii ih realizacii [Interpolation. Methods and computer technology implementation] St. Petersburg, BHV-Peterburg, 320. (in Russian)

Гонсалес Р., Вудс Р. 2006. Цифровая обработка изображений. М., Техносфера, 1072.

Gonzalez R, Woods R. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij [Digital image processing] Moscow, Tehnosfera, 1072. (in Russian)

Жиляков Е.Г., Черноморец А.А., Болгова Е.В. 2016. О методе субполосной оптимальной интерполяции. Научные ведомости БелГУ. Серия Экономика. Информатика. 2(223): 81-87.

Zhilyakov E.G., Chernomorets A.A., Bolgova E.V. 2016. O metode subpolosnoj optimal'noj interpoljicii. Nauchnye vedomosti BelGU. Serija Jekonomika. Informatika [Method subband optimal interpolation. Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies] 2(223): 81-87. (in Russian)

Сергиенко А.Б. 2011. Цифровая обработка сигналов: учеб. Пособие. СПб., БХВ-Петербург, 768.

Sergienko A.B. 2011. Cifrovaja obrabotka signalov: ucheb. Posobie [Digital Signal Processing: A Tutorial] St. Petersburg, BHV-Peterburg, 768. (in Russian)

Черноморец А.А., Иванов О.Н. 2010. Метод анализа распределения энергий изображений по заданным частотным интервалам. Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика. 19(90): 161-166.

Chernomorets A.A., Ivanov O.N. 2010. Metod analiza raspredelenija jenergij izobrazhenij po zadannym chastotnym intervalam. Nauchnye vedomosti BelGU. Istorija Politologija Jekonomika Informatika [Method of analysis of image energy distribution in specified frequency intervals. Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]. 19(90): 161-166. (in Russian)

Черноморец А.А. 2011. Метод разбиения частотных субинтервалов на классы в задачах частотного анализа изображений. Информационные системы и технологии. 4(66): 31-38.

Chernomorets A.A. Metod razbienia chastotnyh subintervalov na klassy v zadachah chastotnogo analiza izobrazhenij. Informacionnye sistemy i tehnologii [Classification of frequency subintervals in image frequency analysis. Information Systems and Technologies] 4(66): 31-38. (in Russian)

УДК 004.89

## ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ГРАНИЦ КАРЬЕРОВ ПО МЕТОДУ ПСЕВДОПОТОКА НА МОДЕЛИ ДАННЫХ СО СТРУКТУРОЙ ОКТОДЕЕРЕВА

## PARALLEL OPTIMIZATION ALGORITHMS OF OPEN PIT LIMITS USING PSEUDO FLOW METHOD ON BLOCK MODEL WITH OCTREE STRUCTURE

**П.В. Васильев, В.М. Михелев, Д.В. Петров**  
**P. V. Vassiliev, V. M. Mikhelev, D. V. Petrov**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85*

*Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

*e-mail: vassiliev@bsu.edu.ru, mikhelev@bsu.edu.ru, petrov@bsu.edu.ru*

*Аннотация.* В статье рассмотрен метод максимизации сетевого псевдопотока для решения задачи поиска предельных границ карьеров. Существующий метод предполагает выполнение расчетов на регулярных блочных моделях с одинаковыми размерами ячеек решетки. В новой модификации метода для ускорения расчетов предлагается использовать также блочные модели со структурой октодерева. Это существенно сокращает время выполнения расчетов на сложных и сверхбольших блочных моделях. В этой связи в интегрированную систему недропользования Geoblock введено распараллеливание вычислений в модули с циклами интерполяции и оптимизации. Тестирование и проверка эффективности разработанной схемы алгоритма выполнялись на наборах моделей стандартной библиотеки MineLib.

*Resume.* The article describes parallel modification for of known pseudo flow method with high label for design optimum open pit. It is supposed that regular block models with uniform grids are using in the existing method. In the new modification of this method also block models with octree structures could be used. That should further reduce the time of calculations on complicated and huge block models. In this connection the interpolation and optimization circuits were modified for parallel calculations in units of Geoblock integrated software. For testing and verification of the new algorithm scheme the block models are applied from well-known MineLib library datasets.

*Ключевые слова:* блочное моделирование, структура октодерева, оптимизация карьеров, алгоритм псевдопотока, параллельные вычисления

*Keywords:* block modelling, octree structure, open pit optimization, pseudo flow method, parallel computations

Анализ современных методов оптимизации границ карьеров по добыче руд [Васильев, 2015] и их сопоставление по вычислительной сложности показывает, что для поиска наиболее выгодных с экономической точки зрения оболочек карьеров наиболее эффективными являются алгоритмы теории графов и, в частности, алгоритмы, основанные на нахождении максимальных потоков в ориентированном графе блочной модели месторождения. Ряд алгоритмов орграфов и их обработка приведены, в частности, в [Ахо, 2000]. Для регулярных блочных моделей общая схема может быть представлена в виде графа, показанном на рис. 1.

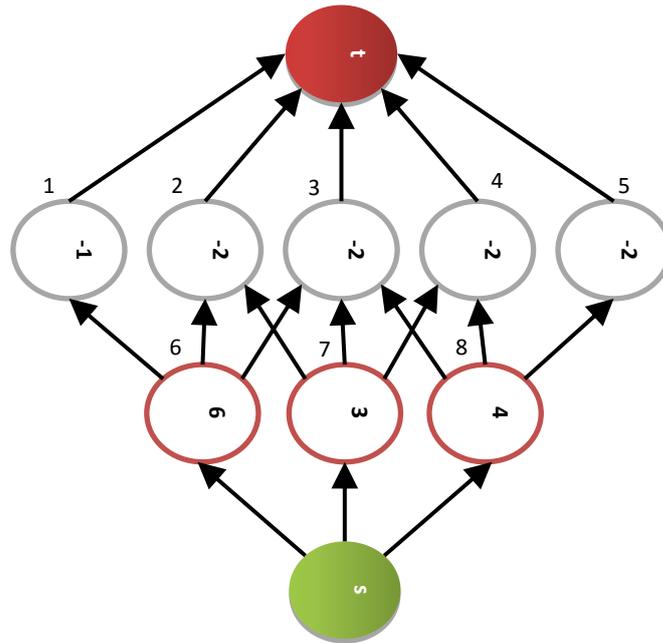


Рис. 1. Орграф сетевого потока от источника s к стоку t по регулярной решетке блоков  
Fig. 1. Digraph network flow from the source s to the sink t on a regular lattice of blocks

**Построение октарной блочной модели для оптимизации**

Схема структуры октодера пространства месторождения, состоящего из однокомпонентной руды (черное) и пустой породы (белое), в виде октодера представлена на рис. 2.

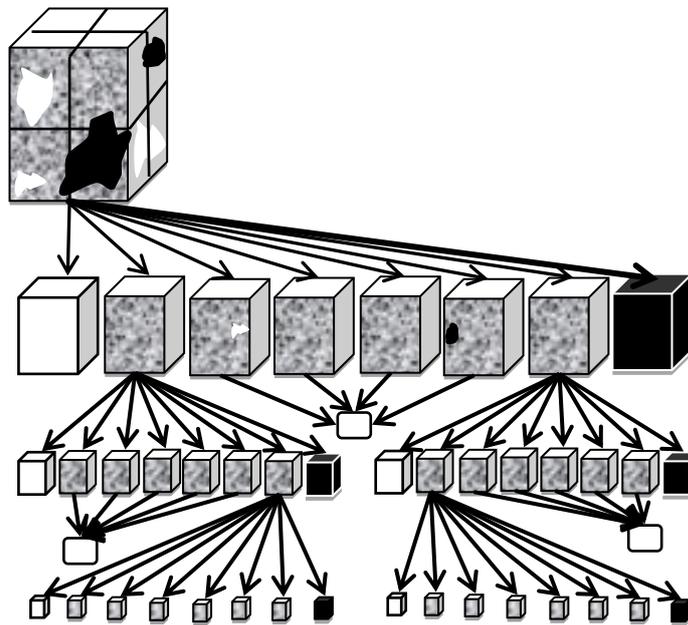


Рис. 2. Структура октоэдрического дерева модели  
Fig. 2. Octahedral structure model tree

Серые области на самом деле являются текстурой, состоящей из белых и черных тел или зерен. Алгоритм формирования пирамидально рекурсивной структуры октодера состоит в следующем. Цвет каждого из  $N$  блоков может принимать значение 0 (w - "белое", порода), 1 (b - "черное", рудный минерал) и 2 (g "серое", руда+порода). На нулевом уровне структуры исходный блок (суперблок) считается одним серым фрагментом со средним содержанием рудного компонента  $C_0$ . На первом уровне объем суперблока нулевого уровня разбивается на  $k$  равных частей (для октодера  $k=8$ ) и мы получаем  $k$  фрагментов 1-го уровня разбиения. На втором уровне число фрагментов равно  $k^2$ . Каждому фрагменту сопоставляется среднее содержание рудного минерала  $C(i,j)$ ;  $i,j=0,k-1$ . Повторяя эту процедуру рекурсивно  $t$  раз получим фрагменты  $t$ -го разбиения, совпадающие с минималь-

ной крупностью блока селективной добычи БСД со средним качеством  $C^t(i,j)$ ;  $i,j=0,k^t-1$ . Для всей структуры формула имеет вид:

$$C^{t-1}(i,j) = \frac{1}{k} \sum_{l=0}^{k-1} \sum_{n=0}^{k-1} C^t(ki+l, kj+n) \quad (1)$$

Нетрудно показать, что качество каждого блока равно среднему качеству составляющих его подчиненных блоков (квантов) любого нижележащего уровня. В нашем случае качество блока есть доля полезной минеральной фазы в нем. Разбиение исходной полигональной модели (состоящей из полиэдров Вороного, оболочек рудных тел) с помощью пирамидально-рекурсивного алгоритма имитирует процесс сокращения крупности блоков (участков месторождения, кусков или частиц) и позволяет вычислить спектры распределения блоков каждого уровня по крупности по качеству.

Распределение средних содержаний блоков одного уровня разбиения представляет собой спектр раскрытия белых (породы) и черных (руды) блоков соответствующего класса крупности. Подобная усеченная структура представляется в виде несбалансированного октодеревя. Все терминальные вершины этого дерева белые или черные, а нетерминальные - серые. С технологической точки зрения построение оптимальной усеченной структуры октодеревя эквивалентно тому, что при дроблении массива руды на каждой стадии фрагментируются лишь те куски (серые фрагменты) из данного класса крупности, которые состоят из двух или более фаз, монофазные же фрагменты, т.е. чистая пустая порода или чистый рудный минерал, далее не дробятся. Кроме того, это позволяет оценить число вершин различных "цветов" в октодереве и предсказать объемную долю руды, которую целесообразно измельчать дальше в каждом классе крупности для ОМГТ. Среднее число вершин различных типов определяется в зависимости от номера уровня  $t$  формулами:

$$w(t) = b(t) = k^t(k - \frac{1}{2}); g(t) = k^t; t = 1, 2, \dots, T; \quad (2)$$

где  $w(t), b(t), g(t)$  - соответственно число белых, черных и серых вершин на  $t$  - м уровне для простого сростка при  $c_{cp} = 50\%$ . Число серых фрагментов пропорционально площадной доле сростков, появившихся в процессе сокращения крупности кусков руды после операции разделения качественного материала и пустой породы. До определенного уровня дробления  $t_0$ , практически все вершины дерева остаются "серыми", а затем появляются полностью раскрытые блоки фаз.

При горнопромышленном освоении сложных месторождений твердых полезных ископаемых и решении задач управления запасами минерального сырья размеры каркасных и блочных геологических моделей могут достигать больших размеров. Создание совместных геолого-маркшейдерских моделей и систем управления качеством руд требует постоянного увеличения потоков обработки данных. В результате на время подсчета запасов и определение наилучших конфигураций выемки могут уходить многие часы работы быстродействующих компьютеров. В связи с этим становится актуальной проблема выбора структуры хранения компьютерной модели месторождения и поиска наиболее эффективных методов оптимизации ведения горных работ.

Представление цифровой геологической модели в виде решетки блоков или массива прямоугольных ячеек позволяет использовать весь комплекс методов геостатистики и достаточно просто оценивать запасы. Однако присутствие в массиве больших однородных областей, характеризующихся слабой анизотропией геопоказателей, никак не уменьшает объем моделей. Вместе с тем структура октодеревя позволяет компактно хранить и с высокой скоростью обрабатывать большие массивы данных. Тем не менее, данная структура, также, как и регулярная матрица вокселей, не позволяет представить отдельно от вещественной составляющей поверхности пластов, линии складчатости и разломы.

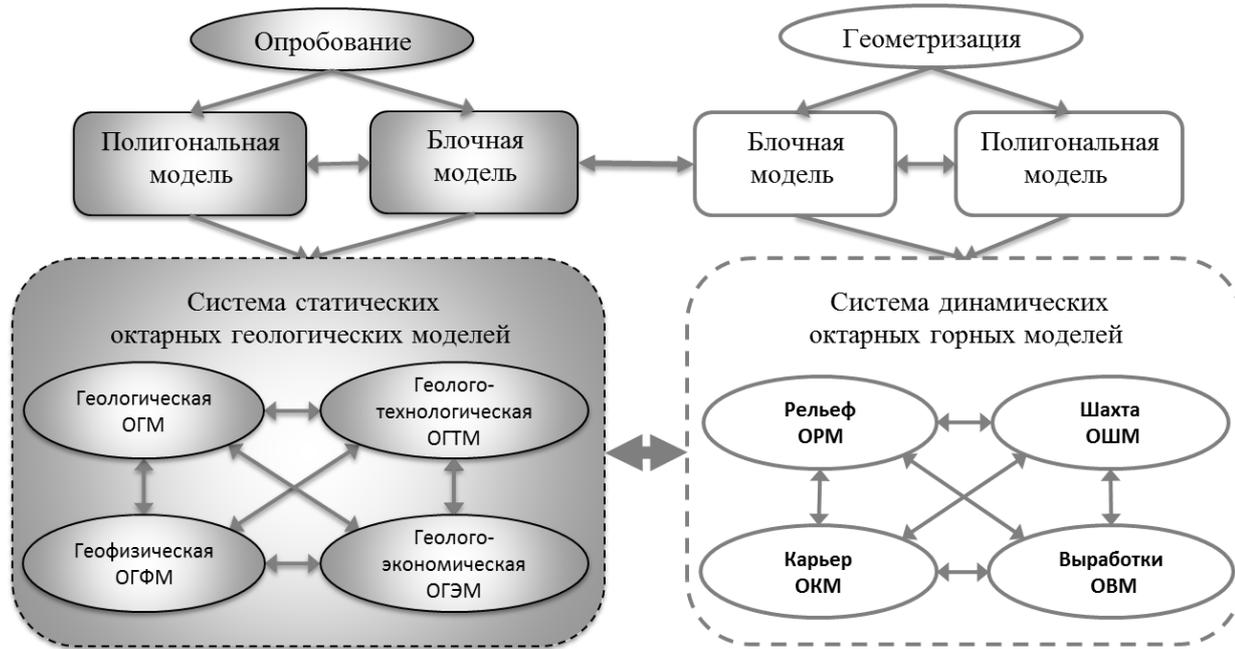


Рис. 3. Система блочных моделей со структурой октодеревя для решения задач оптимизации в недропользовании  
 Fig. 3. The system block models with the structure of octree for solving optimization problems in the subsoil

### Модификация алгоритма псевдопотока для структуры данных в виде октодеревя

Как отмечается в работе [Muir, 2008] нормализованные деревья алгоритма LG были адаптированы к более общей модели сетевого потока на основе концепции псевдопотока, по аналогии с предпотоками (preflow). Сетевой псевдопоток удовлетворяет ограничениям пропускной способности, но в нем могут нарушаться условия баланса потока с созданием дефицита или избытка в узлах. Предпоток удовлетворяет ограничениям пропускной способности, но в нем может нарушаться баланс потока лишь путем создания избытка в узлах. Алгоритм псевдопотока решает задачу нахождения максимального потока в обобщенных сетях и работает с псевдопотоками вместо масс.

Связь между алгоритмом псевдопотока и алгоритмом предпотока (переразметки, push-relabel) более очевидна, чем между алгоритмом LG и алгоритмом предпотока. Методы LG и псевдопотока имеют дело с множеством узлов (ветвей), способных аккумулировать либо избыток, либо дефицит. В подходе на основе псевдопотока, массы  $M_r$ , поддерживаемые корневым узлом  $r_0$  сильного дерева, трактуются как некий псевдопоток и выталкиваются в слабый корень  $r_s$ , а затем к фиктивному корневному узлу  $x_0$  (одновременно являющемуся как источником, так и стоком). Алгоритм выталкивания с переразметкой работает с предпотоками (preflows). Алгоритм переразметки работает скорее с самими узлами, а не с множествами узлов, и избыток в некотором узле выдавливается в находящиеся ближе к стоку узлы в соответствии со значениями дистанционных меток, переразметка обновляет значения меток.

Алгоритм псевдопотока предоставляет несколько способов обработки вершин типа «слабый-над-сильным». Лучшими из этих методов являются варианты с нижней и верхней метками [Hochbaum, 2008]. Методы нижней и верхней меток работают с концепцией дистанционной метки. Для некоторого узла дистанционная метка представляет собой неубывающую функцию и на этом уровне она является неубывающей в составе любого сгенерированного дерева. В статье [Hochbaum, 2008] доказывается, что дистанционная метка есть неубывающая функция на заданном уровне дерева и для слабого узла  $v$  она является некоторой нижней границей уровня ( $v$ ). Функция дистанционной метки аналогична дистанционным меткам, введенным Голдбергом и меткам, используемым в методах сетевого потока, таких как метод переразметки [Ахоб 2000]. Так, метод Голдберга-Тарьяна дает оценку сложности для максимального потока  $O(nm \log(n^2/m))$ . В методе же псевдопотока при первоначальной нормализации вложенного остова дерева  $T_v$ , всем сильным узлам блоков присваивается метка 2, а всем слабым узлам присваивается метка 1. Для эффективного управления сильными ветвями создается и поддерживается приоритетная очередь с индексом. Счетчик отслеживает количество сильных корневых узлов и индексированный список, указывающий на первый сильный корневой узел, для которых вводятся метки (первоначально все имеют индекс 0).

Модифицированный алгоритм псевдопотока на структуре октодерева выполняется в следующей последовательности:

Шаг 1. Определяется тип данных структуры блочной модели.

Шаг 2. Первоначально все положительные узлы считаются сильными и являются, соответственно, корнями своих ветвей. На этой стадии определяется индекс блока, его принадлежность к уровню и ветви дерева.

Шаг 3. Если после размер блока таков, что угол наклона борта превышает допустимый, то целый текущий блок разбивается на следующую восьмерку блоков меньшего размер, пока угол наклона борта не будет лежать в допустимых пределах.

Шаг 4. Выполняется расстановка меток. Всем таким узлам присваивается метка 2 и они помещаются в очередь. Порядок произвольный, поскольку все сильные узлы имеют пометку 2, хотя фактический порядок определяет последовательность обработки ветви. Указатель на первый узел с меткой 2 заносится в индексированный список.

Шаг 4. При выборе для обработки следующего сильного дерева, верх очереди (при упорядочивании либо сверху, либо снизу) выбирается и удаляется из очереди.

Шаг 5. После того, как процессы слияния и нормализации генерируют новую сильную ветвь, то она вставляется в очередь в верхнюю позицию для этой метки.

Выполнение параллельной оптимизации было реализовано с целью получения максимальной выгоды от работы многоядерных компьютеров при работе как на настольных, планшетных, так и на мобильных устройствах. Для распараллеливания циклов в программной системе использовалась последняя версия библиотеки у параллельных вычислений Parallel Programming Librar в составе RAD Studio. Модуль System.Threading упрощает процесс распараллеливания сложных вычислительных задач и предлагает набор необходимых команд, встраиваемых в новые и уже существующие проекты, написанные на языке C++. В код также включена процедура автоматической автонастройки пула потока, оценивающая загруженность CPU и дополнительные опции для тонкой настройки многопоточных вычислений. Таким образом, в системе недропользования Geoblock была выполнена замена оператора "for" на обращение к class function TParallel->For, передаваемой в код на выполнение в качестве анонимного метода. Кроме того, для исключения вероятных конфликтов в исполнении многопоточных вычислений, стандартное приращение i++ было заменено командой TInterlocked->Increment. Общие циклы процедур интерполяции показателей и оптимизации для больших массивов исходных точек данных были преобразованы согласно следующим конструкциям:

```
TParallel->For(1; N; void (int I)
{
    if (IsInterpolated (I))
        TInterlocked->Increment (Count);
});
и
TParallel->For(1; N; void (int I)
{
    if (IsOptimized (I))
        TInterlocked->Increment (Count);
});
```

Подобные изменения были внесены как в программный код циклов методов интерполяции (обратных расстояний, кригинг, естественных соседей и др.), так и в циклы методов оптимизации границ карьеров по методу псевдопотока со структурой октодерева (а также плавающего конуса, Лерчса-Гроссмана, метода роя частиц и генетического алгоритма).

Для тестирования была использована блочная модель из стандартной библиотеки моделей MineLib [Espinoza, 2013], предназначенной для решения задач открытой разработки полезных ископаемых. Представленный в библиотеке исходный код pseudo.c, написанный на языке C, использовался для создания версии для распараллеливания. Программная реализация написана на OpenCL 2.1. и предназначена для выполнения на гетерогенных вычислительных системах с многоядерными CPU, оснащенных как внутренними GPU, так и, возможно, имеющих внешние графические адаптеры GPU, подключаемые по интерфейсу Thunderbolt3 NVIDIA. Тесты показали (рис. 4), что метод LLHQ (верхняя метка с очередью по приоритету) является серьезной альтернативой методу LG, поскольку дает в результате такие же по конфигурации контуры конечных карьеров как и метод LG, однако существенно более производительный, особенно на больших блочных моделях.

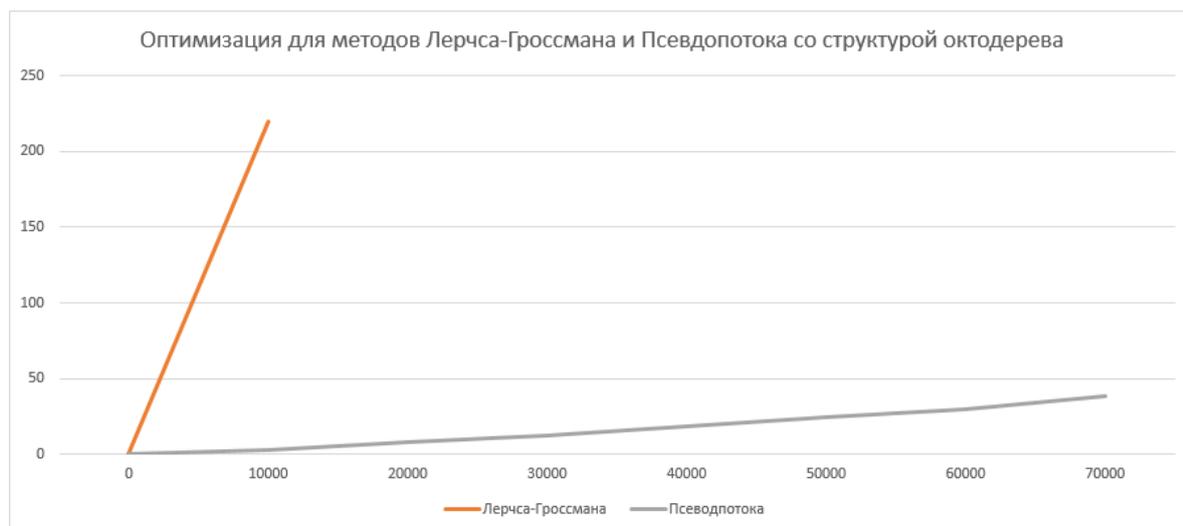


Рис. 4. Сравнение производительности методов оптимизации Лерчсу-Гроссмана и Псевдопотока  
 Fig. 4. Compare performance optimization techniques Lerch-Grossman and Pseudo Stream

По модели `zuck_medium` из [Espinoza, 2013] время расчета конечного оптимального контура сократилось примерно на порядок. Для гигаблочных моделей сложных месторождений метод оказывается еще более эффективным и производительным за счет сокращения опций настройки параметров, лучшего распараллеливания потоков извлекаемых блоков и, соответственно, уменьшения требуемого времени обработки. Для ускорения решения задачи поиска оптимального конечного контура оболочки карьера авторами предложен подход на основе распараллеливания вычислений по технологии CUDA/OpenCL при расчетах по методу максимизации псевдопотока с верхней меткой при структуре данных в виде октодеревя на блочных моделях.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов  
 № 15-47-03029\_р\_центр\_а и № 16-07-00399\_А

### Список литературы References

- Ахо А.И., Хопкрофт Д., Ульман Д.Д. 2003. Структуры данных и алгоритмы.: Перв. с англ., М., Издательский дом "Вильямс", 384 (Alfred V. Aho, John E. Hopcroft, Jeffrey D. Ullman 2000. Data Structures and Algorithms, Addison-Wesley publishing company, London: 386)
- Aho A.I., Hopcroft D. Ul'man D.D. 2003. Struktury dannyh i algoritmy.: Perv. s angl. [Data Structures and Algorithms], М., Izdatel'skij dom "Vil'jams", 384 (Alfred V. Aho, John E. Hopcroft, Jeffrey D. Ullman 2000. Data Structures and Algorithms, Addison-Wesley publishing company, London: 386)
- Васильев П. В., Михелев В.М., Петров Д.В. 2015. Оценка вычислительной сложности алгоритмов оптимизации границ карьеров в системе недропользования. Белгород, Издательство БелГУ: 110-120.
- Vasil'ev P. V., Mihelev V.M., Petrov D.V., 2015. Ocenka vychislitel'noj slozhnosti algoritmov optimizacii granic kar'erov v sisteme nedropol'zovanija [Computational complexity for open pit optimization algorithms in mining mineral reserves] Belgorod, Izdatel'stvo BelGU: 110-120. (in Russian)
- Espinoza D, Goycoolea M, Moreno E, Newman A. 2013. Minelib 2011: A library of open pit production scheduling problems. Ann. Oper. Res., 206(1): 93-114.
- Hochbaum D.S. 2008. The Pseudoflow Algorithm: A New Algorithm for the Maximum-Flow Problem. Operations Research, 4: 992-1009.
- Jiang D. 1996. Set operations between linear octrees. Elsevier, Computers & Geosciences, 22/5: 509-516.
- Muir D.C.W. 2008. Pseudoflow, New Life for Lerchs-Grossmann Pit Optimisation. Spectrum Series, Orebody Modelling and Strategic Mine Planning, 14: 97-104.

# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 621.311

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

### FORECASTING OF REGIONAL ENERGY SYSTEM DEVELOPMENT

**Д.В. Куделина**  
**D.V. Kudelina**

*Юго-Западный государственный университет, Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94*

*South-West State University, 94 50 let Oktyabrya St, Kursk, 305040, Russia*

*e-mail: mary\_joy@mail.ru*

*Аннотация.* В статье рассмотрены проблемы прогнозирования развития региональной энергетики. Несмотря на большое количество разработанных и применяемых методов прогнозирования развития сложных систем, их точное моделирование затруднено из-за нелинейных и сложных отношений между элементами данных систем. Показано, что применение метода, основанного на совместном использовании математического аппарата нечеткой логики и нейронных сетей, использующего при своей работе основные положительные свойства данных способов обработки информации, позволяет проводить прогнозирование потребления энергетических ресурсов с большей достоверностью по сравнению с традиционными методами прогнозирования. Это объясняется тем, что такие сети могут использовать опыт экспертов и специалистов, и процесс их обучения имеет меньшую длительность по сравнению с классическими нейронными сетями. Рассмотрен процесс создания нечеткой нейронной сети для прогнозирования потребления электроэнергии в машиностроении.

*Resume.* The article deals with the problem of regional energy sector development forecasting. Despite the large number of developed and applied methods of complex systems development forecasting, their exact simulation is difficult because of non-linear and complex relations between the elements of these systems. It is shown that the use of a method based on the joint use of the mathematical apparatus of fuzzy logic and neural networks, which use the main positive characteristics of information processing methods, allows to predict the consumption of energy resources with greater reliability compared to the traditional methods of forecasting. This is explained by the fact that such networks can use the experience of experts and specialists, and the process of their training has a shorter duration in comparison with classical neural networks. The process of creating a fuzzy neural network for energy consumption predicting in mechanical engineering is considered.

*Ключевые слова:* региональная энергетическая система, прогнозирование, топливно-энергетические ресурсы, нечеткая логика, математическая модель, нейронные сети

*Keywords:* regional energy system, forecasting, fuel and energy resources, fuzzy logic, mathematical model, neural networks

## Введение

В условиях рыночной экономики, для которой характерны различные формы собственности как промышленных предприятий, так и хозяйствующих субъектов, объектов регионального топливно-энергетического комплекса, моделирование и прогнозирование развития энергосистемы, включая прогнозы изменения потребления электроэнергии и других энергоресурсов, является сложной и в то же время актуальной задачей.

Системный подход в наибольшей степени отвечает требованиям научного подхода к решению подобных задач высокого уровня сложности в современной их постановке. Использование системного подхода позволяет осуществлять всестороннее комплексное рассмотрение решаемой проблемы, максимально использовать эффективные методы для решения подобных задач в условиях неопределенности, многоцелевой и многокритериальной оптимизации.



Системный подход при разработке долгосрочного прогнозирования потребности в энергетических ресурсах предполагает рассмотрение экономики хозяйства региона, с одной стороны, как большой экономической системы, с другой, – как энергопотребляющей системы, которые как элементы экономики хозяйства страны, в свою очередь, представляют иерархически организованные многоуровневые и многофункциональные системы, состоящие из подсистем. Каждая такая подсистема, развиваясь самостоятельно и имея характерные для нее внутренние свойства, посредством объективно существующих внешних причинно-следственных связей взаимодействует с другими подсистемами согласованно с магистралью развития целостной системы с присущими ей целостными свойствами.

Состояние и развитие топливно-энергетического комплекса региона оказывает большое влияние на возможность выполнения различных долгосрочных региональных программ и стратегий. Эффективность принимаемых решений по дальнейшему развитию инфраструктуры и одновременно повышению энергетической безопасности региона во многом зависит от объективности и обоснованности информации, полученной по результатам прогнозирования.

Прогнозирование развития региональной энергетики представляет собой сложный процесс, учитывающий широкие связи развития основных элементов энергетической инфраструктуры с общим социально-экономическим уровнем и развитием региональных образований. Прогнозирование и планирование развития регионального топливно-энергетического комплекса невозможно без долгосрочного и в достаточной мере достоверного прогнозирования развития экономической и социальной сферы страны, регионов и муниципальных образований.

### **Объекты и методы исследования**

Значительные сложности решения проблемы прогнозирования развития региональной энергетики возникают в условиях существования всеобщей экономической и политической нестабильности, а также продолжающегося реформирования структуры как отраслей, так и предприятий. Динамика развития и структурные изменения в хозяйствующих комплексах регионов определяются существующими общими стратегическими тенденциями развития экономики России и территориальными особенностями рассматриваемых при прогнозировании регионов.

Более или менее достоверное прогнозирование развития региональной энергосистемы может выполняться только в общих рамках региональных социально-экономических систем, которые являются по своей природе сложными, нелинейными и в значительной мере неопределенными.

Для этих целей наиболее часто используются регрессионные модели, позволяющие определять участие тех или иных факторов в формировании получаемого прогноза. Но используемые при этом зависимости, создаваемые с помощью регрессионных методов, в большинстве случаев представляют собой линейные выражения. В реальных условиях большинство рассматриваемых элементов региональной энергосистемы и потребители энергоресурсов характеризуются нелинейностью большинства зависимостей, например, величиной потребления тепловой и электрической энергии от факторов промышленного или сельскохозяйственного производства, погодных и климатических условий и т.д.

Но несмотря на большое количество разработанных и применяемых методов прогнозирования развития сложных систем, их точное моделирование затруднено из-за нелинейных и сложных отношений между элементами данных систем. Кроме того, некоторые методы выполнения прогнозов представляют динамические показатели работы изучаемых систем изменения на аппарате временных рядов. Такие модели некорректно учитывают информацию, связанную с погодно-климатическими условиями, а также имеют и другие недостатки [Бэнн Д.В., 1987].

Рассмотренные недостатки применяемых ранее методов обеспечивают достаточно широкое применение в настоящее время относительно нового метода, основанного на совместном использовании математического аппарата нечеткой логики и нейронных сетей. Другими словами, такой метод прогнозирования является гибридом нечеткой логики и нейронных сетей, использующим при своей работе основные положительные свойства данных способов обработки информации.

Искусственные нейронные сети представляют собой современные вычислительные устройства, основанные на выполнении обработки информации наподобие процессов, протекающих в мозгу человека [Рутковская Д., 2004]. Нейронные сети обладают некоторыми свойствами искусственного интеллекта. Для них характерно наличие способности к обучению и обобщению накопленных при работе сети знаний. Преимущество нейронных сетей перед традиционными моделями прогнозирования обуславливается тем, что при их работе не требуется построения достаточно полной математической модели объекта, также не теряется работоспособность созданной сети при неполноте входной информации.

Но нейронные сети также имеют свои недостатки. Для них в процессе работы характерно автоматическое приобретение и накопление знаний о моделируемом объекте [Круглов В.В., 2002]. Применение этих сетей эффективно для решения многих задач, в том числе прогнозирования и идентификации, но при этом лицо, принимающее решение (ЛПР), не может провести анализ работы уже обученной нейронной сети. Для пользователя такая обученная сеть является «черным ящиком». Многие из подобных затруднений могут быть разрешены с применением систем, использующих нечеткую логику.

Основным достоинством нечеткой логики служит возможность применения знаний и опыта экспертов о работе и поведении объекта моделирования в виде лингвистических высказываний [Семеновский В.В., 2014]. Но системы с нечеткой логикой не содержат механизмов предварительного обучения. Поэтому на полученные результаты будут сильно влиять типы функций принадлежности, которые используются для обработки нечетких данных. Кроме того, эксперту необходимо заранее определить все правила из базы знаний. Такой алгоритм обработки информации во многом статичен. При необходимости его изменения нужно выполнять довольно трудоемкую процедуру новой работы с экспертами.

Объединение аппарата нечеткой логики с нейронными сетями предоставляет принципиально новые возможности для обработки информации. Создаваемая таким образом нечеткая нейронная сеть обладает двумя важными интеллектуальными свойствами:

- а) лингвистичностью, или предоставлением знаний и опыта экспертов на естественном языке;
- б) обучаемостью созданной сети в реальном масштабе времени.

Можно сказать, что системы с нечеткой логикой являются удобными и полезными для объяснения получаемых с их помощью результатов, они обеспечивают более высокую устойчивость к воздействию мешающих факторов. Однако такие системы не могут автоматически обучаться и приобретать новые знания.

В итоге, искусственные нейронные сети и системы с нечеткой логикой эквивалентны друг другу, но, тем не менее, у них, имеются собственные достоинства и недостатки.

Основная идея, положенная в основу нечетких нейронных сетей заключается в том, что используется существующая выборка данных для определения параметров функций принадлежности, которые лучше всего соответствуют некоторой системе логического вывода, то есть выводы делаются на основе аппарата нечеткой логики. А для нахождения параметров функций принадлежности используются алгоритмы обучения нейронных сетей. Такие системы могут использовать заранее известную информацию, обучаться, приобретать новые знания, прогнозировать временные ряды, выполнять классификацию образов, также они являются вполне наглядными для пользователя.

### Результаты и их обсуждение

Для использования в прогнозировании развития энергопотребления выделяем следующие основные группы потребителей: промышленные потребители, сельскохозяйственные потребители, строительного комплекса, потребители транспортной инфраструктуры, потребители коммунальной сферы.

Коммунально-бытовое хозяйство городов и поселков описано абсолютными и удельными (на 1 человека) показателями потребления тепловой и электрической энергии, коэффициентом урбанизации, удельной обеспеченностью жилой площади, возрастными характеристиками жилищного фонда и т. д.

Исходная информация формируется из разных источников, в том числе и из форм отчетности учреждений статистики, и включает, например, отчетные данные за последний базовый год:

- среднегодовая численность городского и сельского населения по области и районам в целом;
- численность промышленно-производственного персонала по основным отраслям промышленности и хозяйствам региона;
- величина дохода и валовая продукцию по отраслям промышленности и сельскому хозяйству региона;
- значения стоимости основных производственных фондов по отраслям промышленности и другим отраслям хозяйства региона;
- материалоемкость и трудоемкость продукции в основных отраслях промышленности;
- капитальные вложения и ввод в эксплуатацию основных фондов в целом в промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях региональной экономики;
- показатели развития и функционирования транспортного комплекса региона;
- посевные площади по основным культурам сельскохозяйственных угодий региона;
- основные составляющие структуры электропотребления по отраслям промышленности региона;



- производство валовой продукции на душу населения, производительность труда в промышленности и ее отраслях, сельском хозяйстве;
- производство электроэнергии и тепловой энергии на региональных генерирующих мощностях, удельные расходы топлива на производство электроэнергии и тепловой энергии на ТЭС;
- расход топливно-энергетических ресурсов в отраслях промышленности и других отраслях региональной экономики.

Для примера рассмотрим создание нечеткой нейронной сети для прогнозирования потребления электроэнергии в машиностроении. Выбираем следующий комплекс показателей, включающий данные по нескольким календарным годам, для работы создаваемой сети, одновременно присваивая им обозначения соответствующих переменных:

- выпуск продукции в натуральном выражении ( $x_1$ );
- материалоемкость производимой продукции ( $x_2$ );
- первоначальная стоимость основных производственных фондов предприятий ( $x_3$ );
- остаточная стоимость основных производственных фондов предприятий ( $x_4$ );
- производственные мощности предприятий ( $x_5$ );
- рентабельность предприятий ( $x_6$ );
- прибыль предприятий ( $x_7$ );
- сумма издержек предприятий ( $x_8$ );
- общехозяйственные расходы ( $x_9$ );
- сырье и основные материалы ( $x_{10}$ );
- вспомогательные материалы ( $x_{11}$ );
- расход электроэнергии ( $x_{11}$ ).

После выбора используемых показателей формируем гибридную (нечеткую) нейронную сеть. Такая сеть представляет собой сеть, имеющую в своем составе четкие сигналы и веса, но при этом эти сигналы и веса объединяются между собой с применением  $T$ -нормы,  $T$ -конормы, или же некоторых других непрерывных операций [Дьяконов В.П., 2006]. Применяемые значения входов, выходов и весов разрабатываемой нечеткой нейронной сети представляют собой вещественные числа, принадлежащие интервалу  $[0,1]$ .

Нечеткие нейронные сети позволяют использовать нечеткие правила вывода для получения выходного результата. В отличие от обычных систем нечеткого вывода в таких сетях вместо расчета уровня активации разработанных правил вывода производится адаптивный подбор параметров. Для дальнейшей работы выбираем нечеткую нейронную сеть типа TSK [Осовский С., 2002.], так как в этой сети функция заключения определяется нечетким, но точечным способом. Это позволяет не применять дефаззификацию на выходе такой системы, что упрощает построение модели вывода.

Для такой сети любое правило базы знаний в общем случае имеет следующий вид:

$$\text{если } x_1 \text{ есть } A_1 \text{ И } x_2 \text{ есть } A_2 \text{ И } \dots \text{ И } x_n \text{ есть } A_n, \text{ то } y = f(x_1, x_2 \dots x_n),$$

где  $f(x) = f(x_1, x_2 \dots x_n)$  – четкая функция от входных переменных.

Классическое представление используемой четкой функции  $f(x)$ , наиболее часто используемое в практических разработках, является полином первого порядка в следующем виде:

$$y = p_0 + \sum_{i=1}^N p_i x_i, \quad (1)$$

где  $p_0, p_1, \dots, p_N$  – цифровые веса, значения которых находятся в процессе обучения рассматриваемой сети.

Данная функция будет линейной относительно всех используемых входных переменных рассматриваемой модели.

$$\text{если } (x_1 \text{ есть } A_1^{(i)}) \text{ И } (x_2 \text{ есть } A_2^{(i)}) \text{ И } \dots \text{ И } (x_n \text{ есть } A_n^{(i)}) \text{ то } y_i = p_{j_0} + \sum_{j=1}^N p_{1j} x_j, \quad (2)$$

$$\text{если } (x_1 \text{ есть } A_1^{(M)}) \text{ И } (x_2 \text{ есть } A_2^{(M)}) \text{ И } \dots \text{ И } (x_n \text{ есть } A_n^{(M)}) \text{ то } y_M = p_{M_0} + \sum_{j=1}^N p_{Mj} x_j. \quad (3)$$

Для входных переменных используем фаззификацию с применением обобщенной функции Гаусса отдельно для каждой входной переменной  $x_i$ :

$$\mu_A(x_i) = \frac{1}{1 + \left( \frac{x_i - c_i}{\sigma_i} \right)^{2b_i}}, \quad (4)$$

где  $\mu_A(x_i)$  – представляет оператор  $A_i$  из выражений (2–3);  $b_i, c_i, \sigma_i$  – коэффициенты функции принадлежности.

Для этой сети характерна многослойная структура, состоящая из пяти слоев, выполняющих следующие функции [Осовский С., 2002.].

Первый слой обеспечивает выполнение фаззификации для каждой переменной  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ). В результате выполнения данной операции определяется для каждого  $k$ -го правила вывода значение

коэффициента принадлежности  $\mu^{(k)}_A(x)$  в соответствии с применяемой для этого функцией фаззификации. Этот слой содержит параметры  $b^{(k)}_j$ ,  $c^{(k)}_i$ ,  $\sigma^{(k)}_i$ , значения которых должны адаптироваться в процессе обучения разрабатываемой нейронной сети.

Второй слой выполняет агрегирование отдельных входных переменных  $x_i$ , в результате которого получается значение коэффициента принадлежности  $w_k = \mu^{(k)}_A(x)$ .

Третий слой представляет собой генератор функции TSK, рассчитывающий значения по следующей формуле:

$$y_k(x) = p_{k0} + \sum_{j=1}^N p_{kj} x_j, \quad (5)$$

В этом слое производится умножение сигналов  $y_k(x)$  на значения  $w_k$ , сформированные в предыдущем слое. Этот слой является параметрическим, в котором адаптируются получаемые линейные веса  $p_{kj}$  для  $k=1,2,\dots,M$  и  $j=1,2,\dots,N$ , определяющие функцию следствия модели TSK.

Четвертый слой состоит из двух нейронов-сумматоров, один из которых рассчитывает взвешенную сумму сигналов  $y_k(x)$ , а второй определяет сумму весов  $\sum_{k=1}^M w_k$ . Это непараметрический слой.

Последний, пятый слой, состоящий из единственного выходного нейрона, обеспечивает нормализацию весов и формирование выходного сигнала. Этот слой так же, как и предыдущий, является непараметрическим.

Из приведенного описания следует, что нечеткая сеть TSK содержит только два параметрических слоя, параметры которых уточняются в процессе обучения. Параметры первого слоя являются нелинейными, поскольку они относятся к нелинейной функции (4), а параметры третьего слоя – линейными весами так как они относятся к параметрам  $p_{kj}$  линейной функции TSK.

При использовании гибридного алгоритма обучения нейронной сети все подлежащие адаптации параметры разделяются на две группы. Первая из них состоит из линейных параметров  $p_{kj}$  третьего слоя, а вторая группа – из параметров нелинейной функции принадлежности первого слоя. Уточнение параметров проводится в два этапа.

На первом этапе при фиксации определенных значений параметров функции принадлежности (в первом цикле – это значения, полученные в результате инициализации) путем решения системы линейных уравнений рассчитываются линейные параметры полинома TSK.

На втором этапе после фиксации значений линейных параметров рассчитываются фактические выходные сигналы сети, для чего используется линейная зависимость и далее – вектор ошибки. Сигналы ошибок направляются через подключенную сеть по направлению ко входу сети (обратное распространение) вплоть до первого слоя, где могут быть рассчитаны компоненты градиента целевой функции относительно конкретных параметров. После формирования вектора градиента параметры уточняются с использованием одного из градиентных методов обучения.

После уточнения нелинейных параметров вновь запускается процесс адаптации линейных параметров функции TSK (первый этап) и нелинейных параметров (второй этап). Этот цикл повторяется вплоть до стабилизации всех параметров процесса.

### Заключение

Такой гибридный алгоритм является одним из наиболее эффективных способов обучения нечетких сетей. Его основной особенностью является разделение процесса обучения на два обособленных во времени этапа. На каждом этапе производится уточнение только части параметров сети. Если принять во внимание, что вычислительная сложность каждого алгоритма оптимизации пропорциональна в нелинейной зависимости количеству параметров, то уменьшение размерности задачи оптимизации существенным образом сокращает количество математических операций и увеличивает скорость выполнения применяемого алгоритма.

Благодаря этому подобный гибридный алгоритм значительно более эффективен, чем обычный градиентный алгоритм фронтального типа, согласно которому уточнение всех параметров сети производится параллельно и одновременно.

Предлагаемая нечеткая нейронная сеть позволяет проводить прогнозирование потребления энергетических ресурсов с большей достоверностью по сравнению с традиционными методами прогнозирования. Это объясняется тем, что такие сети могут использовать опыт экспертов и специалистов, и процесс их обучения имеет меньшую длительность по сравнению с классическими нейронными сетями.



### Список литературы References

- Бэнн Д.В., Фармер Е.Д. 1987. Сравнительные модели прогнозирования электрической нагрузки. Пер. с англ. М., Энергоатомиздат, 200. (Bunn D.W., Farmer E.D. 1985. Comparative Models for Electrical Load Forecasting. New York, John Wiley and Sons, 232.).
- Benn D.V., Farmer E.D. 1987. Sravnitel'nye modeli prognozirovaniya elektricheskoy nagruzki [Comparative Models for Electrical Load Forecasting]. Moscow, Energoatomizdat, 200. (Bunn D.W., Farmer E.D. 1985. Comparative Models for Electrical Load Forecasting. New York, John Wiley and Sons, 232.).
- Дьяконов В.П., В.В.Круглов. 2006. MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2 + Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. М., СОЛОН-ПРЕСС, 456.
- D'yakonov V.P., V.V.Kruglov. 2006. MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2 + Simulink 5/6. Instrumenty iskusstvennogo intellekta i bioinformatiki [MATLAB 6.5 SP1 / 7/7 SP1 / 7 SP2 + Simulink 5/6. Tools of Artificial Intelligence and Bioinformatics]. Moscow, SOLON-PRESS, 456.
- Круглов В.В., Борисов В.В. 2002. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М., Горячая линия-Телеком, 382.
- Kruglov V.V., Borisov V.V. 2002. Iskusstvennye neyronnye seti. Teoriya i praktika [Artificial neural networks. Theory and practice]. Moscow, Goryachaya liniya-Telekom, 382. (in Russian)
- Осовский С. 2002. Нейронные сети для обработки информации. Пер. с польского. М., Финансы и статистика, 344. (Osowski S. 2000. Sieci neuronowe do przetwarzania informacji, Warszawa, Oficyna Wydawnicza PW).
- Osovskiy S. 2002. Neyronnye seti dlya obrabotki informatsii [Neural networks for information processing]. Moscow, Finansy i statistika, 344. (Osowski S. 2000. Sieci neuronowe do przetwarzania informacji, Warszawa, Oficyna Wydawnicza PW).
- Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. 2004. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. Пер. с польского. М., Горячая линия-Телеком, 452. (Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski L. 1997. Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte, Warszawa, PWN, 411.).
- Rutkovskaya D., Piliński M., Rutkovskiy L. 2004. Neyronnye seti, genetycheskie algoritmy i nechetkie sistemy [Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems], Moscow, Goryachaya liniya-Telekom, 452. (Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski L. 1997. Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte, Warszawa, PWN, 411.).
- Серебровский В.В., Филлист С.А., Шаталова О.В., Черепанов А.А. 2014. Информационная система детектирования ишемических кардиоциклов с использованием нечеткой логики. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия История, Политология, Экономика, Информатика, 8 (179): 71–75.
- Serebrovskiy V.V., Filist S.A., Shatalova O.V., Cherepanov A.A. 2014. Informatsionnaya sistema detektirovaniya ishemicheskikh kardiotsiklov s ispol'zovaniem nechetkoy logiki. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Istoriya, Politologiya, Ekonomika, Informatika [Belgorod State University Scientific bulletin. History, Political Science, Economics, Informatics serie], 8 (179):71–75. (in Russian)

УДК 004.031.4; 025.4.036

## ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕРТИНЕНТНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОИСКА В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

## INDICATORS OF QUALITY ASSESSMENT RESULTS PERTINENCE AUTOMATED SEARCH IN INFORMATION SYSTEMS

**С.Е. Савотченко**  
**S.E. Savotchenko**

*Белгородский институт развития образования,  
Россия, 308007, Белгород, ул. Студенческая, 14*

*Belgorod Institute of Education Development,  
14 Studencheskaya St, Belgorod, 308007, Russia*

*e-mail: savotchenko@bsu.edu.ru*

*Аннотация.* В данной статье проанализировано состояние проблемы повышения pertinence информационного поиска в автоматизированных системах, в том числе и в глобальной сети. Для анализа качества автоматизированного информационного поиска предлагается использовать метод составления последовательности условно нормализованных запросов. Введены новые количественные показатели оценки качества pertinence и релевантности выполнения запросов.

*Resume.* This article analyzes the problem of increasing pertinence of information search in the automated systems, including in global network. The method of preparation of the sequence of normalized conditional requests is proposed to use in analyzing the quality of the automated information retrieval. The new quantitative quality assessment indicators of pertinence and relevance of the query are determined.

*Ключевые слова:* информационный поиск, pertinence, семантические связи, парадигматические отношения, информационно-поисковые системы.

*Keywords:* information search, pertinence, semantic links, paradigmatic relations, information retrieval systems.

В последнее время наметилась новая тенденция в развитии «интеллектуализации» поискового аппарата автоматизированных информационных системах (АИС). Она направлена на то, что бы улучшать не столько показатели релевантности, а, скорее, показатели pertinence результатов поискового запроса пользователя. Согласно определениям ГОСТ 7.74-96: релевантность – соответствие полученной информации информационному запросу, pertinence – соответствие полученной информации информационной потребности, то есть pertinence определяет степень соответствия между ожиданиями пользователя и результатами поиска.

Pertinence, в первую очередь, обусловлена субъективным мнением пользователя о том, в какой мере данный результат поиска (документ) удовлетворяет его информационную потребность, выраженную в вводимом им формализованном запросе с той или иной степенью полноты и точности [Пальчунов Д.Е., 2008]. Поскольку понятие релевантности является уже pertinence, то выдаваемый АИС результат может оказаться релевантным данному запросу, но не удовлетворять информационную потребность пользователя, то есть не быть pertinence. Основная причина этого заключается в многозначности естественного языка, поскольку пользователь на нем составляет свой, как правило, не учитывая возможности существования у одного понятия нескольких значений (или синонимов слов), хотя сам пользователь предполагает провести именно тематический поиск, то есть получить в результате выполнения своего запроса конкретные сведения в какой-либо области знания.

Технология тематического поиска использует иерархические классификационные системы, в которых вся область знаний разделяется на крупные предметные области (классы), которые, в свою очередь, подразделяются на более мелкие (подклассы), и т. д. Каждому классу и подклассу присваивается классификационный индекс. В результате формируется разветвленная упорядоченная структура, с помощью которой можно классифицировать все источники информации. В качестве примера такого вида классификационных систем можно указать международную универсальную



десятичную классификацию (УДК), международную десятичную классификацию М. Дьюи (ДКД), национальную библиотечно-библиографическую классификацию (ББК) и др.

Подобные виды классификации широко используются при автоматизированном поиске в электронных каталогах и других базах данных, организованных по иерархическому принципу, что позволяет намного повысить показатели качества информационного поиска. Однако, в базах данных с неопределенным количеством документов, к которым относятся информационно-поисковые системы (ИПС) Интернет, в силу ограниченности программно-технических возможностей не применяется отбор документов по классификационному принципу, и проблема осуществления полноценного тематического поиска в них до сих пор не решена в полной мере.

Один из вариантов решения проблемы эффективности автоматизированного информационного поиска в последние годы заключается в использовании онтологий предметных областей [Gruber T. R., 1993], которые позволяют определить более четким образом смысловое содержание поискового запроса. Под онтологией понимается явная формальная спецификация концептуализации, разделяемая некоторым сообществом агентов [Плесневич Г.С., 2012], в широком смысле включающая словарь терминов соответствующей предметной области и связей между ними. Концептуализация означает наличие знаний о предметной области, т.е. фиксация понятий, которые классифицируют объекты этой предметной области и связи между ними. Агентами являются пользователи, автоматизированные системы.

Широкое применение онтологии нашли в АИС, относящихся к различным сферам деятельности, например, к программной инженерии, электронному обучению, бизнес-информатике и к др. Использование онтологий фактически реализует семантические связи между понятиями поискового запроса, может привести к повышению уровня пертинентности результатов автоматизированного информационного поиска. Поэтому активно проводятся исследования и появляются разработки методик повышения качества информационного поиска с помощью онтологий по таким направлениям как применение семантических технологий в сети Интернет и электронных библиотеках [Савотченко С.Е., Жуков П.С., 2013].

В электронных библиотеках, как в базах данных с определенным количеством документов, достигнуты определенные в данном направлении. В течение ряда лет ведутся исследования в области анализа семантики связей между данными, по которым осуществляется поиск, в результате которых появились комплексы онтологий SPAR, семантический раздел в модели научных данных CERIF. В данном направлении ведется активная работа по проекту SKOS (Simple Knowledge Organization System), в котором предлагается модель связывания научных данных, адаптированная для компьютерной обработки, включающая контролируемые структурные словари семантических значений для связывания научных данных [Хорошевский В.Ф., 2012].

В последние годы существенно повысилось практическое применение онтологий в ИПС сети Интернет, например, в Google для классификации веб-сайтов. Онтология товаров и услуг с их характеристиками разработана компанией Amazon. Другой пример – онтология UNSPSC (United Nations Standard Products and Services Code – система ООН стандартных кодов для товаров и услуг).

Как правило, онтологии состоят из описаний на формальных языках представления знаний, которые должны использовать формальные представления понятий. В качестве таких формальных языков в ИПС выступают информационно-поисковые языки (ИПЯ). Для отражения семантических связей между понятиями в ИПЯ используются парадигматические отношения, представляющие собой объективно существующие смысловые отношения между лексическими единицами (ЛЕ), которые устанавливаются и фиксируются в словаре, исходя из потребностей информационного поиска.

Одним из средств поиска с учетом парадигматических отношений является тезаурус, в котором термины иерархически связаны между собой парадигматическими отношениями типа синонимия, род-вид, целое-часть, ассоциация. В качестве терминов выступают понятия (слова или словосочетания), которые согласно современным представлениям являются наиболее информативными и наиболее устойчивыми смысловыми единицами. Смысл термина в тезаурусе передается в основном путем соотнесения его с другими терминами с помощью установления семантических отношений между ним и этими терминами [Загорулько Ю.А. и др., 2012].

В таком контексте становится важным анализ семантической структуры поискового запроса, которая представляет собой совокупность понятий, выявленных в предметной области знаний и связанных между собой парадигматическими отношениями. Сформированную структуру запроса, состоящую из текстовых форм наименований понятий, следует привести к формализованной форме ее представления, т.е. осуществить нормализацию слов и словосочетаний, которую возможно произвести согласно описанному в ГОСТ 7.25-2001 принципу.

Применение онтологий, тезаурусов в автоматизированном поиске может трактоваться как путь к развитию интеллектуальных поисковых систем, позволяющих производить поиск с более высокой пертинентностью. Поскольку различные ИПС сети Интернет имеют свои преимущества и недостатки, то в связи их развитием в данном направлении использования возникает необходимость количественного анализа качества автоматизированного информационного поиска, осуществляемого

по реализуемым в ИПС поисковым алгоритмам и методам, а также построения математических моделей для оценки его эффективности. В первую очередь для этого следует определить соответствующие показатели, характеризующие пертинентность результатов поиска с различных сторон.

Для количественного анализа способности ИПС проводить пертинентный поиск предлагается использовать методику, основанную на использовании семантических связей при организации поисковых запросов [Савотченко С.Е., Логинова А.Е., 2012.]. В ее основе лежит процедура составления последовательности условно нормализованных запросов  $Q_m$ , лексические единицы которой связаны парадигматическими отношениями и формируются согласно информационно-поисковому тезаурусу:  $Q_m = \{д, с, вр, вц, нч, нв, а\}$ , где [Савотченко С.Е., Проскурина Е.А., 2013.]:

- $i=0=(д)$  – заглавный дескриптор, называемый запросом базового уровня (ведущая ЛЕ),
- $i=1=(с)$  – ЛЕ, которая является синонимом к (д),
- $i=2=(вр)$  – ЛЕ, которая является вышестоящим родовым к (д),
- $i=3=(вц)$  – ЛЕ, которая является вышестоящим целым к (д),
- $i=4=(нч)$  – ЛЕ, которая является нижестоящим частичным к (д),
- $i=5=(нв)$  – ЛЕ, которая является нижестоящим видовым к (д),
- $i=6=(а)$  – ЛЕ, которая является ассоциацией к (д).

Ведем следующие обозначения:  $A_i^r(Q_m, S_l)$  – количество релевантных документов, выданных на  $i$ -ую ЛЕ последовательности запросов  $Q_m$  в ИПС  $S_l$ ,  $A_i^p(Q_m, S_l)$  – количество пертинентных документов, выданных на  $i$ -ую ЛЕ последовательности запросов  $Q_m$  в ИПС  $S_l$ .

Используя данные величины, определим характеристики семантических связей в ИПС:

1) доля релевантных документов по запросу  $i$  среди всех найденных по запросу  $j$ :

$$J_{ij}^r(Q_m, S_l) = \frac{A_i^r(Q_m, S_l)}{A_j^r(Q_m, S_l)}, \quad (1)$$

2) доля пертинентных документов по запросу  $i$  среди всех найденных по запросу  $j$ :

$$J_{ij}^p(Q_m, S_l) = \frac{A_i^p(Q_m, S_l)}{A_j^p(Q_m, S_l)}, \quad (2)$$

3) доля релевантных документов по запросу  $i$  среди найденных релевантных по запросу  $j$ :

$$J_{ij}^{rr}(Q_m, S_l) = \frac{A_i^r(Q_m, S_l)}{A_j^r(Q_m, S_l)}, \quad (3)$$

4) доля пертинентных документов по запросу  $i$  среди найденных пертинентных по запросу  $j$ :

$$J_{ij}^{pp}(Q_m, S_l) = \frac{A_i^p(Q_m, S_l)}{A_j^p(Q_m, S_l)}. \quad (4)$$

Наибольший интерес с точки зрения оценки качества ИПС представляют собой показатели, у которых второй индекс  $j=0=(д)$ , то есть группа  $J_{i0}^k(Q_m, S_l)$ ,  $k=\{r, p, rr, pp\}$ . В этом случае такая группа оценивает полноту отражения пертинентных и релевантных соответственно документов в определенных видах семантических связей по отношению к заглавному дескриптору. Если для ИПС  $S_l$  выполняются соотношения  $J_{i0}^p(Q_m, S_l) > J_{i0}^r(Q_m, S_l)$ , то можно считать, что данная ИПС способна выдавать в большей мере пертинентные документы на запрос пользователя, чем релевантные.

С точки зрения пользователя, которого в большей степени интересуют пертинентные документы, оставшаяся часть непертинентных документов, найденных ИПС  $S_l$ , представляют собой информационный шум. Количественную характеристику пертинентного информационного шума можно определить выражением:

$$B_i^p(Q_m, S_l) = \frac{|A_0(Q_m, S_l) - A_i^p(Q_m, S_l)|}{A_0(Q_m, S_l)} = |1 - J_{i0}^p(Q_m, S_l)|. \quad (5)$$

Аналогично можно ввести количественную характеристику релевантного информационного шума, то есть доля нерелевантных документов, найденных ИПС  $S_l$ :

$$B_i^r(Q_m, S_l) = \frac{|A_0(Q_m, S_l) - A_i^r(Q_m, S_l)|}{A_0(Q_m, S_l)} = |1 - J_{i0}^r(Q_m, S_l)|. \quad (6)$$

Следует отметить, что на практике определение количества релевантных документов  $A_i^r(Q_m, S_l)$  может быть проведено достаточно просто средствами автоматизированного подсчета доли интересующих ЛЕ в документах, выдаваемых в результатах поиска. В то время как автоматизированное определение количества пертинентных документов  $A_i^p(Q_m, S_l)$  может вызывать определенные затруднения и решение данной проблемы требует проведения отдельных

исследований. Простейший способ определения данной величины может заключаться в использовании экспертных мнений, однако он не является автоматизированным в такой степени, как способ определения количества релевантных документов.

Совокупность определенных выше характеристик может служить для оценки качества АИПС на предмет реализации «интеллектуального поиска», то есть возможностей системы выдавать в большей степени pertinentные документы. Расчеты таких показателей могут быть включены в методики проведения независимых экспертиз качества различных ИПС [Савотченко С.Е., Проскурина Е.А., 2015], что существенно повысит их результативность.

### Список литературы References

Gruber T. R. 1993. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition Journal*, 5: 199-220.

Загоруйко Ю.А., Боровикова О.И., Загоруйко Г.Б. 2012. Построение многоязычных тезаурусов средствами семантической технологии. В кн.: Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: материалы II Междунар. научн.-техн. конф. Минск, БГУИР: 181-188.

Zagorul'ko Yu.A., Borovikova O.I., Zagorul'ko G.B. 2012. Postroenie mnogoyazychnykh tezaurusov sredstvami semanticheskoy tekhnologii. Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektual'nykh sistem: materialy II Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. [The construction of multilingual thesauri by means of semantic technologies. Proc.: Open semantic technologies of intelligent systems: Materials of the II International Scientific and Technological Conf.]. Minsk, BGUIR: 181-188. (in Russian).

Пальчунов Д.Е. 2008. Решение задачи поиска информации на основе онтологий. *Бизнес-информатика*. 1(3): С. 3-13.

Pal'chunov D.E. 2008. Reshenie zadachi poiska informatsii na osnove ontologii. *Biznes-informatika*. [The solution of information retrieval problem based on ontologies. *Business Informatics*]. 1(3): 3-13. (in Russian).

Плесневич Г.С. 2012. Формальные онтологии. В кн.: Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: материалы II Междунар. научн.-техн. конф. Минск, БГУИР: 163-168.

Plesnevich G.S. 2012. Formal'nye ontologii. Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektual'nykh sistem: materialy II Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. [Formal ontology. Proc.: Open semantic technologies of intelligent systems: Materials of the II International Scientific and Technological Conf.]. Minsk, BGUIR: 163-168. (in Russian).

Савотченко С.Е., Логинова А.Е. 2012. Математический метод сравнительного анализа семантических особенностей информационно-поисковых систем. *Теория и практика общественного развития*: 101-104.

Savotchenko S.E., Loginova A.E. 2012. Matematicheskiy metod sravnitel'nogo analiza semanticheskikh osobennostey informatsionno-poiskovykh sistem. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*. [The mathematical method of comparative analysis of the semantic features of information retrieval systems. *Theory and practice of social development*]. 6: 101-104. (in Russian).

Савотченко С.Е., Жуков П.С. 2013. Моделирование информационного поиска в базе данных с учетом семантических связей. *Автоматизация процессов управления*. 2(32): 17-22.

Savotchenko S.E., Zhukov P.S. 2013. Modelirovanie informatsionnogo poiska v baze dannykh s uchetom semanticheskikh svyazey. *Avtomatizatsiya protsessov upravleniya*. [Modeling of information retrieval in a database based on semantic relations. *Automation of Control Processes*]. 2(32): 17-22. (in Russian).

Савотченко С.Е., Проскурина Е.А. 2013. Показатели семантических связей информационно-поисковых систем. *Научные ведомости «БелГУ»*. Сер. История. Политология. Информатика. Вып. 25/1. 1(144): 145-151.

Savotchenko S.E., Proskurina E.A. 2013. Pokazateli semanticheskikh svyazey informatsionno-poiskovykh sistem. *Nauchnye vedomosti «BelGU»*. Ser. Istoriya. Politologiya. Informatika. [Indicators of semantic relationships of information retrieval systems Belgorod State University Scientific bulletin. Ser. History. Political science. Computer science]. Vyp. 25/1. 1(144): 145-151. (in Russian).

Савотченко С.Е., Проскурина Е.А. 2015. Математические методы исследования семантических особенностей подсистемы поиска в автоматизированных информационных системах. *Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий*. 1(13): 69-76.

Savotchenko S.E., Proskurina E.A. 2015. Matematicheskie metody issledovaniya semanticheskikh osobennostey podsistemy poiska v avtomatizirovannykh informatsionnykh sistemakh. *Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informatsionnykh tekhnologiy*. [Mathematical methods of research of semantic search subsystem features in automated information systems. *Bulletin of the Siberian Institute of Business and Information Technology*]. 1(13): 69-76. (in Russian).

Хорошевский В.Ф. 2012. Семантические технологии: ожидания и тренды. В кн.: Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: материалы II Междунар. научн.-техн. конф. Минск, БГУИР: 143-158.

Khoroshevskiy V.F. 2012. Semanticheskie tekhnologii: ozhidaniya i trendy. Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektual'nykh sistem: materialy II Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. [Semantic Technologies: Expectations and Trends Proc.: Open semantic technologies of intelligent systems: Materials of the II International Scientific and Technological Conf.]. Minsk, BGUIR: 143-158. (in Russian).

УДК 519.876.5

## ОБ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ СИСТЕМ ON SIMULATION MODELING OF SYSTEMS

**А.Г. Жихарев, С.И. Маторин, Я.Н. Рябцева, А.С. Махота, А.В. Капустин**  
**A.G. Zhikharev, S.I. Matorin, Y.N. Ryabtseva, A.S. Makhota, A.V. Kapustin**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85*

*Belgorod State University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

*e-mail: zhikharev@bsu.edu.ru, matorin@bsu.edu.ru, 1020342@bsu.edu.ru, 951586@bsu.edu.ru, 1005127@bsu.edu.ru*

**Аннотация.** В работе рассматривается новый метод имитационного моделирования с применением подхода «Узел-Функция-Объект», системно-объектного метода представления знаний, математической теории объектов и языка описания функциональных узлов UFO-скрипт. Приводится фрагмент имитационной модели производственной линии, построенной с применением программного инструментария UFOModeler. Этот инструмент основан на простейших операторах, используемых в языках программирования высокого уровня. Он позволяет создать достаточно приближенную модель поведения системы без потери основных ее свойств и характеристик. Достижение достаточно точной модели является важным показателем для исследования некоторых систем и извлечения из них информации.

**Resume.** The paper deals with a new simulation method using the approach "Node-function-object" system-object method of knowledge representation, the mathematical theory of objects and functional units of language to describe UFO script. A fragment of a simulation model of a production line, built with the use of software tools UFOModeler. This tool is based on a simple statement, used in high-level programming languages. It allows you to create a approximate model of behavior of the system without loss of its basic properties and characteristics. Achieving sufficiently accurate model is an important indicator for the study of some systems and extract information from them.

**Ключевые слова:** технология моделирования «Узел-Функция-Объект», имитационное моделирование, системный подход, симуляция функционирования процесса.

**Keywords:** modeling technology "Node-Function-Object", simulation, system approach, the simulation process operation.

Успехи имитационного моделирования давно привели к его признанию как перспективного научного направления и широкому использованию его инструментальных средств для решения различных практических задач. Однако, естественные в любой развивающейся сфере науки и техники проблемы стимулируют продолжение исследований и разработок, в том числе, и в области имитационного моделирования.

В настоящее время не существует общепризнанного определения понятия «имитационное моделирование». Поэтому необходимо для конкретизации предлагаемых в данной статье результатов уточнить авторское понимание сути данного научно-практического направления. Оно в целом соответствует определениям, изложенным в интервью Президента Национального общества имитационного моделирования России, члена-корреспондента РАН, директора СПИИРАН Р.М. Юсупова [Юсупов Р.М., 2012]. При этом наиболее адекватным направлению деятельности авторов является упомянутое в данном интервью, а также в соответствующей статье Википедии [[https://ru.wikipedia.org/wiki/Имитационное\\_моделирование](https://ru.wikipedia.org/wiki/Имитационное_моделирование)], понимание имитационного моделирования как «метода исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью, описывающей реальную систему, и с ней проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе». Опора на данное определение свидетельствует о том, что исследования и разработки авторов, очевидно, находятся в рамках дискретно-событийного подхода к имитационному моделированию.

Необходимость замены изучаемой системы моделью, с достаточной точностью, описывающей эту систему, естественным образом вынуждает использовать системный подход для создания такой модели. Авторы для моделирования систем применяют оригинальный системно-объектный подход «Узел-Функция-Объект» [Жихарев А.Г., 2011; Маторин С.И., 2011] [УФО-подход:



<http://ru.wikipedia.org/wiki/Узел-Функция-Объект>]. Данный подход позволяет описывать любую систему как элемент «Узел-Функция-Объект» (УФО-элемент) [Маторин С.И., Жихарев А.Г., 2011.] целостно и при этом одновременно с трех точек зрения:

- как структурного элемента надсистемы в виде перекрестка связей с другими системами - узла;
- как динамического элемента, выполняющего определенную роль с точки зрения поддержания надсистемы путем балансирования данного узла - функции;
- как субстанциального элемента, реализующего данную функцию в виде некоторого материального образования, обладающего конструктивными, эксплуатационными и т. д. характеристиками - объекта.

УФО-элементы, собранные в различные конфигурации, образуют диаграммы взаимодействия элементов, которые позволяют визуализировать функциональность элементов системы более высоких уровней. Таким образом, разрабатываемая система представляется в виде иерархии УФО-элементов. Данное представление позволяет учесть различные аспекты рассмотрения этой системы (структурные, функциональные, субстанциальные) в одной системно-объектной модели - УФО-модели.

В целях автоматизации применения УФО-подхода спроектирован и реализован CASE-инструментарий UFO-toolkit [свидетельство Роспатента №2006612046, <http://www.ufo-toolkit.ru/>]. Иерархия УФО-элементов и их конфигураций, которую поддерживает UFO-toolkit, основана на классификации связей (поточков), пересечения которых и образуют узлы. Моделирование любой системы начинается со специализации базовой классификации связей под конкретную предметную область. Абстрактный класс "Связь (L)" в базовой классификации связей делится на подклассы "Материальная связь (M)" и "Информационная связь (I)"; класс материальных связей делится на подклассы "Вещественная связь (S)" и "Энергетическая связь (E)", класс информационных связей - на подклассы "Связь по данным (D)" и "Управляющая связь (C)".

На основе УФО-подхода авторами разработан формализованный «Системно-Объектный Метод Представления Знаний» (СОМПЗ) как инструмент создания универсальных моделей знаний

о системах произвольной природы. Суть данного метода описана в работе [Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зайцева Н.О., 2015]. Формальный аппарат СОМПЗ позволяет описывать УФО-элементы и связи/потоки в терминах исчисления объектов Абади-Кардели [Abadi M., Luca S., 1996; Zhaohui L., 1994] а также  $\lambda$  - исчисления [Gérard H., 1975; Hindley J., 1997; Hindley J., Jonathan P., 1986].

При этом УФО-элемент представляется в виде специализированного абстрактного объекта (узлового объекта) данного исчисления:

$$G = \lfloor \{?_i = a_i; !_j = a_j; l_n = F(\{?_i\}!_j; l_m = b_m) \rfloor, \quad (1)$$

где:

- $G$  – узловой объект;
- $\{?_i$  – поле узлового объекта (может представлять собой набор или множество), которое содержит значение входных потоковых объектов  $a_i$  и, соответственно, имеет такой же тип данных;
- $!_j$  – поле узлового объекта (может представлять собой набор или множество) которое содержит значения выходных потоковых объектов  $a_j$  и имеет такой же тип данных;
- $l_n$  – метод узлового объекта (может представлять собой набор или множество), преобразующий входные потоковые объекты узла в выходные;
- $l_m$  – поле узлового объекта (может представлять собой набор или множество), которое содержит основные характеристики данного объект ( $b_m$ ).

Таким образом, узел УФО-элемента описывается наборами входных ( $a_i$ ) и выходных ( $a_j$ ) потоков объекта  $G$ , функция УФО-элемента - методом ( $F(\{?_i\}!_j)$ ) объекта  $G$ , а объект УФО-элемента – в виде набора констант ( $b_m$ ), характеризующих объект  $G$ .

Связь/поток также представляется в виде специализированного абстрактного объекта (потокового объекта) [Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зайцева Н.О., 2015] упомянутого выше исчисления:

$$a_i = \lfloor \{?_j = b_j \rfloor, \quad (2)$$

где:

- $a_i$  - потоковый объект;
- $!_j = b_j$  – поля потокового объекта с некоторыми значениями  $b_j$ .

Так как вычисление в исчислении объектов представляет собой последовательность вызовов и переопределения методов, для чего определены правила редукции, то в СОМПЗ формальные преобразования выполняются в соответствии с правилом вызова метода узлового объекта следующего вида:

$$G.l_n !_j \{?_i \mapsto G\}. \quad (3)$$

В терминах УФО-подхода имитационная модель системы, в первую очередь, представляет собой конфигурацию УФО-элементов (УФО-модель), «с достаточной точностью описывающую эту

систему». Математически, в терминах формализма СОМПЗ, имитационная УФО-модель представляет собою комбинацию узловых объектов и потоковых объектов, взаимодействие которых определяется упомянутым выше правилом вызова метода:

$$\begin{aligned}
 a_i = [l_m = b_m]: a_i = a?_i = l?_i \rightarrow G_k \cdot l_n \rightarrow l!_j \{l?_i \mid \rightarrow G_k\} \mid \rightarrow a_{i+1} = [l_{m+1} = b_{m+1}]: a_{i+1} = \\
 a?_{i+1} = l?_{i+1} \mid \rightarrow G_{k+1} \cdot l_{n+1} \rightarrow l!_{j+1} \{l?_{i+1} \mid \rightarrow G_{k+1}\} \mid \rightarrow a_{i+2} = [l_{m+2} = b_{m+2}]: a_{i+2} = \\
 a?_{i+2} = l?_{i+2} \mid \rightarrow G_{k+2} \cdot l_{n+2} \rightarrow l!_{j+2} \{l?_{i+2} \mid \rightarrow G_{k+2}\} \mid \rightarrow a_{i+3} = [l_{m+3} = b_{m+3}]: \dots
 \end{aligned} \tag{4}$$

Таким образом, функционирование имитационной модели определяется методами узловых объектов, которые описывают как, входные потоковые объекты трансформируются в выходные потоковые объекты.

В настоящее время авторами разрабатывается новая версия программного инструментария системно-объектного моделирования UFO-toolkit, в котором реализована возможность описания методов узловых объектов с помощью языка описания функциональных узлов УФО-скрипт, синтаксически подобного языку программирования Pascal.

Рассмотрим особенности предлагаемого языка подробнее.

Для объявления переменных, используемых в рамках описания функционирования конкретного процесса, используется следующее выражение:

var <имя переменной 1>, <имя переменной 2>, <...>:тип данных.

В приведенном примере имена переменных следуют после ключевого слова «var», далее через запятую перечисляются имена переменных, после двоеточия указывается тип данных, хранящихся в переменных. УФО-скрипт позволяет работать со следующими типами данных: integer - целочисленный тип данных; real - представляет собою дробные числа; string - строковый тип данных; boolean - логически тип данных

Каждый оператор языка УФО-скрипт заканчивается знаком «;». Фрагменты программного кода заключаются в программные скобки, как показано на примере ниже:

begin

...

end

Для обработки разветвляющихся алгоритмов исполнения функций УФО-элементов (методов узловых объектов) УФО-скрипт содержит оператор условия, синтаксис которого показан ниже:

if (условие)

then

begin

//набор операторов № 1

end;

else

begin

//набор операторов № 1

end;

Оператор условия языка УФО-скрипт работает, как и в других языках программирования: если условие принимает истинное значение - выполняется фрагмент программы № 1, иначе, если условие принимает ложное значение, выполняется фрагмент программы № 2.

Для реализации циклических алгоритмов язык УФО-скрипт содержит два вида организации циклов. Первый - цикл со счетчиком, синтаксис которого показан ниже:

for i:=<начальное значение счетчика> to <конечное значение счетчика> do

begin

<оператор 1>;

<оператор 2>;

...

<оператор n>;

end;

Кроме приведенного выше примера, так же имеется возможность работать с циклом с условием:

while <условие выполнение цикла> do

begin

<оператор 1>;

<оператор 2>;

...

<оператор n>;

end;

Приведенный выше цикл будет выполняться, пока истинно условие выполнения цикла, поэтому в теле цикла необходимо предусмотреть условия выхода из цикла.



Кроме стандартных конструкций, УФО-скрипт имеет ряд предопределенных процедур и функций, предназначенных для имитации работы функциональных узлов. Для получения значений входных потоков узла, которому принадлежит функция, описываемая с помощью УФО-скрипта, были разработаны предопределенные функции:

- getlinki('имя входящего потокового объекта') - входной поток типа integer;
- getlinkr('имя входящего потокового объекта') - входной поток типа real;
- getlinkb('имя входящего потокового объекта') - входной поток типа boolean;
- getlinks('имя входящего потокового объекта') - входной поток типа string.

После выполнения необходимых действий, необходимо задать значения выходных потоковых объектов, для этого были разработаны следующие процедуры:

- setlinki('имя потокового объекта', значение) - выходящий поток типа integer;
- setlinkr('имя выходящего потокового объекта', значение) - выходящий поток типа real;
- setlinkb('имя выходящего потокового объекта', значение) - выходящий поток типа boolean;
- setlinks('имя выходящего потокового объекта', значение) - выходящий поток типа string.

Приведенные конструкции языка описания функциональных узлов позволяют в полной мере смоделировать функционирование процесса.

Для использования созданной имитационной модели системы, необходимо задать начальные параметры модели. Эти параметры определяются входными потоковыми объектами контекстной модели системы. После задания начальных параметров, модель запускается на исполнение. При запуске имитации, построенная модель транслируется в программу, которая выполняется по следующей схеме: исполняется функция того узла, потоковые объекты которого инициализированы конкретными значениями своих параметров.

Для имитации функционирования процесса в инструменте UFOModeler [www.ufomodeler.ru] имеется отдельный модуль, который позволяет запустить модель, настроить параметры модели, приостановить работу модели, визуализировать результаты имитационного моделирования. Рассмотрим пример создания модели функционирования производственной линии.

Прежде чем говорить об имитации работы технологической линии, рассмотрим ее техническое оснащение. Рассматриваемая технологическая линия состоит из следующих агрегатов: экструдер - аппарат, который производит пленку для последующей формовки изделия. В рассматриваемом случае используется экструдер Алеко Миди 1100-55.

На вход экструдера подаются гранулы ПВД (полиэтилен высокого давления) со следующими физическими характеристиками:

- плотность 900-930 кг/м<sup>3</sup>;
- температура плавления 100-115 градусов Цельсия.

После подачи гранул в подготовительный бункер экструдера, гранулы распределяются по камерам нагрева с помощью специального шнека, после чего под давлением формируется пленка с заданной толщиной. Экструдер Алеко Миди 1100-55 имеет производительность 200 кг/час.

Пластиковое полотно далее подается в специальную 3-х метровую печь, которая его нагревает до определенной температуры, что необходимо для придания соответствующей формы. Печь является комплектующим термоформовочной машины HSC-660A, которая в свою очередь имеет следующие технические характеристики:

- площадь формовки (максимально) 250мм\*580 мм;
- глубина формовки (максимально) 120 мм
- диапазон ширины листа 300-660 мм
- диапазон толщины листа 0.2-2 мм
- диаметр рулона листа 710 мм
- рабочее давление 0.7 МПа
- расход воды 100 л/мин
- расход воздуха 2000 л/мин
- мощность нагревателей 60 кВт
- мощность главного двигателя 5.5 кВт
- мощность двигателя подачи 2.2 кВт
- мощность двигателя намотчика 0.37 кВт
- производительность 10-35 циклов/мин

Термоформовочный агрегат - представляет собою устройство, в котором в два ряда выполнены формы стаканчиков, в которые полотно засасывает под давлением. Представляет собою часть установки HSC-660A.

Устройство охлаждения заготовок - устройство, предназначенное для охлаждения заготовок, является агрегатом термоформовочной машины HSC-660A.

Триммер - агрегат термоформовочной машины, который вырезает готовые стаканчики из общего полотна. Представляет собою часть установки HSC-660A.

Гранулятор - устройство, необходимое для повторной переработки обрезных отходов триммера в гранулы. В моделируемой линии используется гранулятор Антей 60, с максимальной мощностью - 70 кг/час.

Для разработки имитационной модели функционирования технологической линии, в работе применяется программный инструментарий. Создание модели с применением указанного выше инструмента, начинается с выделения потоковых объектов модели, которые формально представляют собою выражение 2.

В рамках рассматриваемого проекта были выделены следующие потоковые объекты:

- гранулы ПЭВД[вес] - вес гранул измеряется в граммах;
- пленка ПЭВД[длина, ширина] - значения представляются в миллиметрах;
- нагретая пленка[длина, ширина] - значения представляются в миллиметрах;
- заготовка[количество];
- охлажденная заготовка[количество];
- готовая продукция[количество];
- отходы триммера[вес] - вес измеряется в граммах;
- гранулы ПЭВД(отход)[вес] - вес измеряется в граммах.

Следующим этапом разработки модели, является разработка схемы технологической линии с основными узлами, и потоковыми объектами. В соответствии с описанным выше алгоритмом функционирования технологической линии, была разработана следующая схема (рис. 1):

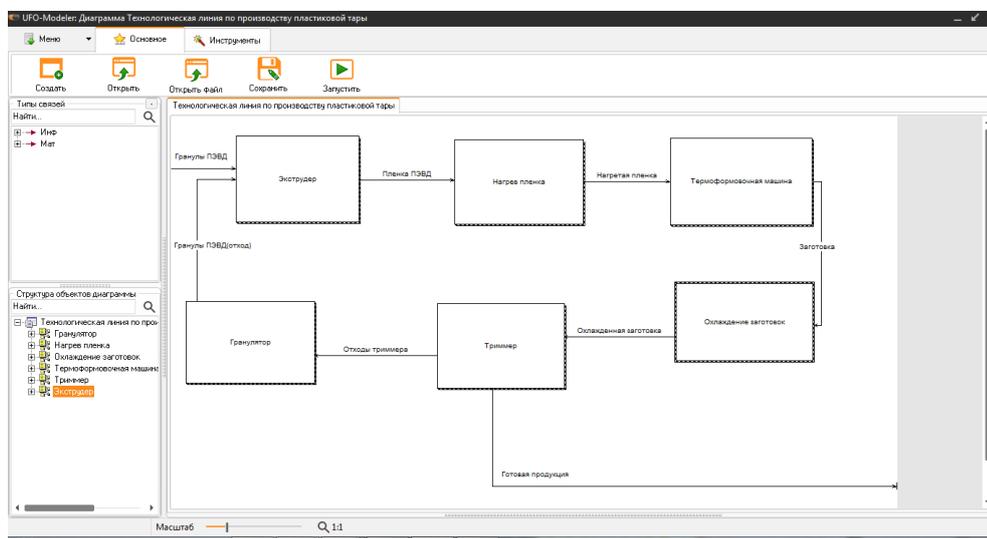


Рис. 1. Схема моделируемой технологической линии  
Fig. 1. Schematic of a simulated production line

Представленная на рис. 1, схема технологической линии определяет границы модели и показывает последовательность преобразования одних потоковых объектов в другие.

На следующем этапе, для каждого узла, представленного на рис. 2, была создана функция, описывающая процесс преобразования входных потоковых объектов в выходные. Для каждой функции так же был создан объект, который ее реализует, в рассматриваемом случае, объектами являются технические устройства, которые реализуют определенный функционал узла. Рассмотрим подробнее имитационную модель экструдера. Для того чтобы смоделировать работу экструдера, необходимо определиться с дискретным временным отсчетом, который в разрабатываемой модели будет равен 1 секунде. То есть, необходимо рассчитать, сколько миллиметров пленки производит экструдер в секунду с учетом использования вышеописанного сырья с заданной плотностью и требуемыми параметрами полотна на выходе, предназначенного для изготовления пластиковой тары. Заранее известно, что вес пленки площадью в 1 кв. м. и толщиной в 1 мм равен 1340 гр. Применяя язык описания функциональных узлов УФО-скрипт [Жихарев А.Г., Маторин С.И., Зайцева Н.О., 2015; ], был реализован скрипт, который описывает работу экструдера:

Разработанная модель, показывает, что экструдер производит 3316.75 мм пластикового полотна шириной 700 мм, толщиной в 1 мм в минуту при условии, использования гранул ПЭВД с описанными ранее характеристиками. Анализ реальной работы экструдера показал, что за 1 минуту аппарат производит 3317 мм (±2 мм). Погрешность модели составляет около 1%, что является допустимым исходя из целей моделирования технологической линии.

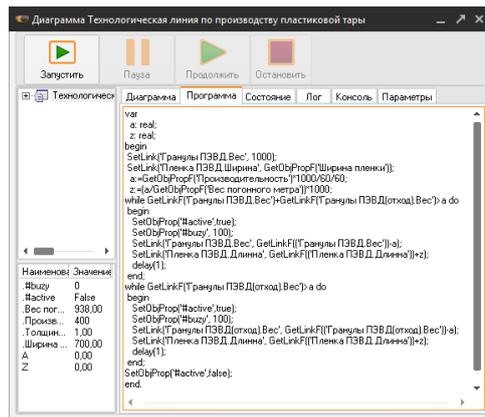


Рис. 2. UFO-скрипт, описывающий работу экструдера Алеко Миди 1100-55

Fig. 2. UV-script, describing the work of the extruder Aleko Midi 1100-55

По аналогии с моделированием функционирования экструдера, были описаны все перечисленные агрегаты, участвующие в технологической линии, после чего была получена имитационная модель технологической линии по производству пластиковых стаканчиков. Общий вид модели показан на рис. 3.

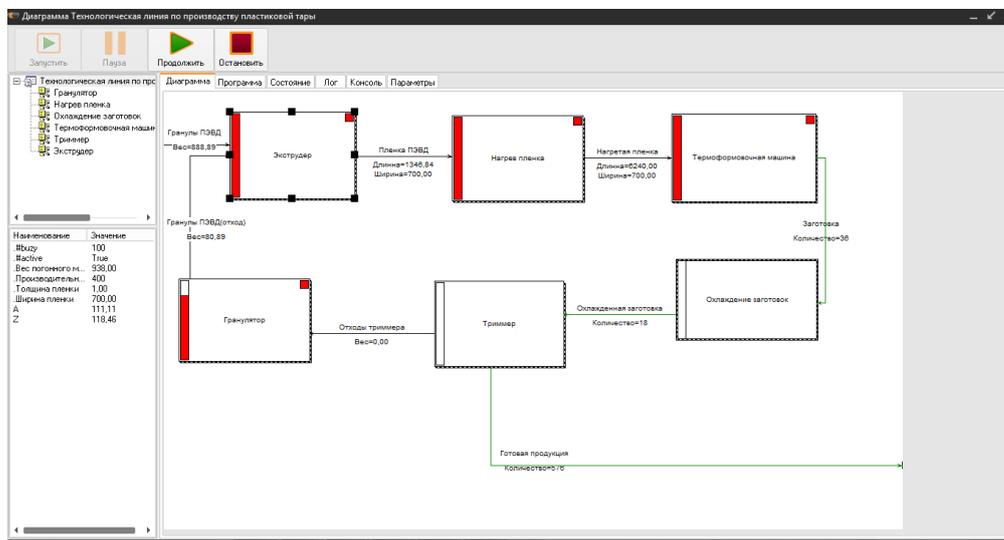


Рис. 3. Имитационная модель технологической линии

Fig. 3. Simulation model of the production line

Визуализация функционирования отдельного узла на модели отображается наличием красного индикатора в правом верхнем углу (см. рис. 3). Так же слева на изображении узла можно оценить его загрузку. Для удобства использования имитационной модели, имеется возможность выводить текущие значения полей потоковых объектов, участвующих в моделируемом процессе.

Над получено моделью были проведены ряд экспериментов, которые позволяют сделать выводы о том, что: гранулятор, участвующий в технологической линии загружен не полностью. То есть он работает постоянно при включенной линии, но перерабатывает небольшое количество отходов триммера отдельными порциями. Эту проблему можно решить, например, установив некий бункер определенного размера, в который будут поступать отходы триммера и как только, этот бункер будет наполнен, подключать гранулятор. Таким образом, на работу линии будет затрачено меньше электроэнергии.

Значение узлового объекта между печью и термоформовочной машиной, постоянно растет, это говорит о том, что термоформовочная машина не позволяет обработать необходимое количество пленки, таким образом, можно снизить мощность работы печи или увеличить мощность термоформовочной машины.

Разработанная имитационная модель технологической линии удобна для обучения персонала производственного цеха, а также может послужить средством для управления эффективностью работы всей технологической линии.

Показанные возможности программного инструмента UFOModeler говорят об универсальности предложенного метода имитационного моделирования, которая достигается за счет описания функциональных узлов с помощью UFO-скрипта. Конечно, здесь можно говорить о лишней трудоемкости написания скриптов, однако эта трудоемкость обеспечивает гибкость такого подхода и возможность моделировать системы самой различной природы.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проекты №: 16-07-00460, 16-07-00193, 14-47-08003.

### Список литературы References

- Abadi M., Luca C. 1996. A Theory of Objects. Springer-Verlag, 326.
- Gérard H. 1975. A unification algorithm for typed  $\lambda$ -calculus. Theoretical Computer Science 1 (1):27–57.
- Hindley J. 1997. Basic Simple Type Theory. Cambridge Tracts in Theoretical Computer Science Cambridge University Press. Cambridge, 42.
- Hindley J., Jonathan P. 1986 Introduction to Combinators and  $\lambda$ -Calculus. London Mathematical Society Student Texts. Cambridge University Press, № 1.
- Zhaohui L. 1994. Computation and Reasoning: A Type Theory for Computer Science. International Series of Monographs on Computer Science. Oxford University Press, № 11.
- Жихарев А.Г. 2011. О новой технологии представления знаний для систем поддержки принятия решений. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика, № 19, (20/1), 151-156.
- Zhiharev A.G. 2011. O novoj tekhnologii predstavleniya znaniy dlya sistem podderzhki prinyatiya reshenij [About the new technology of knowledge representation for decision support]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Istoriya. Politologiya. EHkonomika. Informatika, № 19, (20/1), 151-156. (in Russian)
- Жихарев А.Г., Маторин С.И., Зайцева Н.О. 2015. Системно-объектный инструментарий для имитационного моделирования технологических процессов и транспортных потоков. Искусственный интеллект и принятие решений, № 4, 72-80.
- Zhiharev A.G., Matorin S.I., Zajceva N.O. 2015. Sistemno-ob'ektnyj instrumentarij dlya imitacionnogo modelirovaniya tekhnologicheskikh processov i transportnyh potokov [System-object tools for simulation of technological processes and traffic flows]. Iskustvennyj intellekt i prinyatie reshenij, № 4, 72-80. (in Russian)
- Жихарев А.Г., Маторин С.И., Маматов Е.М., Смородина Н.Н. 2013. О системно-объектном методе представления организационных знаний. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика, № 8, (26/1), 137-146.
- Zhiharev A.G., Matorin S.I., Mamatov E.M., Smorodina N.N. 2013. O sistemno-ob'ektnom metode predstavleniya organizacionnyh znaniy [About system-object method for submission of organizational knowledge]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Istoriya. Politologiya. EHkonomika. Informatika, № 8, (26/1), 137-146. (in Russian)
- Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зайцева Н.О. 2015. Системно-объектное имитационное моделирование транспортных и технологических процессов. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Экономика. Информатика, № 7, (34/1), 159-169.
- Matorin S.I., Zhiharev A.G., Zajceva N.O. 2015. Sistemno-ob'ektnoe imitacionnoe modelirovanie transportnyh i tekhnologicheskikh processov [System-object simulation of the transport and technological processes]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. EHkonomika. Informatika, № 7, (34/1), 159-169. (in Russian)
- Маторин С.И., Жихарев А.Г. 2011. Метод формализации организационных знаний. Искусственный интеллект и принятие решений, № 2, 12-18.
- Matorin S.I., Zhiharev A.G. 2011. Metod formalizacii organizacionnyh znaniy [The method of formalization of organizational knowledge]. Iskustvennyj intellekt i prinyatie reshenij, № 2, 12-18. (in Russian)
- Маторин С.И., Жихарев А.Г. 2011. О новом формализованном методе представления организационных знаний средствами вычислительной техники. Вопросы радиоэлектроники. Сер. Электронная вычислительная техника, № 1, (1), 120-131.
- Matorin S.I., Zhiharev A.G. 2011. O novom formalizovannom metode predstavleniya organizacionnyh znaniy sredstvami vychislitel'noj tekhniki [About a new formalized method of representation of the organizational knowledge by means of computer equipment]. Voprosy radioelektroniki. Ser. EHlektronnaya vychislitel'naya tekhnika, № 1, (1), 120-131. (in Russian)
- Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зайцева Н.О. 2015. Имитационное моделирование с использованием системно-объектного подхода. Прикладная информатика. Т. 10, № 6, 91-104.
- Matorin S.I., Zhiharev A.G., Zajceva N.O. 2015. Imitacionnoe modelirovanie s ispol'zovaniem sistemno-ob'ektnogo podhoda [Simulation modeling using system-object approach]. Prikladnaya informatika. T. 10, № 6, 91-104. (in Russian)
- Юсупов Р.М. 2012. Национальное общество имитационного моделирования России – начало пути, интервью члена-корреспондента РАН, директора СПИИРАН. CAD/CAM/CAE Observer, № 2, (70), 10-18.
- Yusupov R.M. 2012. Nacional'noe obshchestvo imitacionnogo modelirovaniya Rossii – nachalo puti, interv'yu chlena-korrespondenta RAN, direktora SPIIRAN [National society for simulation modeling Russia – the beginning of a journey, an interview of corresponding member of RAS, Director of SPIIRAN]. CAD/CAM/CAE Observer, № 2, (70), 10-18. (in Russian)



УДК 658.51.012

**СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕНОСА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ПРЕДМЕТ ТРУДА  
В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**STOCHASTIC MODEL OF TRANSPORT TECHNOLOGICAL RESOURCES ON THE  
SUBJECT OF LABOR FOR TECHNOLOGICAL PROCESSING**

**О.М. Пигнастый  
O.M. Pihnastyi**

*Национальный технологический университет «Харьковский политехнический институт»,  
Украина, 61000, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21*

*National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», 21 Frunze St, Kharkiv, 61000, Ukraine*

*e-mail: pom7@bk.ru*

*Аннотация.* В статье рассмотрен механизм переноса технологических ресурсов на предмет труда в результате воздействия технологического оборудования. Проанализирована структура производственного цикла и технологических ресурсов. Основываясь на определении составных частей технологического процесса показана структура эффективного времени обработки предмета труда. Рассмотрены составные части процесса переноса технологических ресурсов на предмет труда в результате воздействия технологического оборудования. Исследованы законы распределения случайных процессов переноса технологических ресурсов для простых технологических схем обработки предмета труда. Рассмотрен принцип формирования обобщенной единицы технологического оборудования и показан механизм построения производственных функций обобщенной единицы технологического оборудования для последовательной и параллельной схемы расположения оборудования.

*Resume.* The article describes the transport the technological resources of on the subject of work as a result of the impact of technological equipment. The paper analyzed the structure of the production cycle and technological resources. It shows the structure of effective processing time of the object of labor. We studied the laws of distribution of random processes of transfer of technological resources for simple flow sheets labor object processing. Showed the principle of the formation of a generalized piece of equipment. Showed the mechanism of building production functions of generalized piece of equipment for serial and parallel layout.

*Ключевые слова:* технологический процесс, технологическая операция, предмет труда, средства труда, свойства и параметра изделия, тип производства, методы организации, PDE-модели поточных линий, система управления поточным производством, статистические модели производственных систем

*Keywords:* process, process operation, the subject of labor, means of labor, properties and parameters of the product, the type of production, methods of organization, PDE-model production lines, production management system, statistical models of manufacturing systems

---

### Введение

Одной из основных тенденций развития современного промышленного производства является то, что при постоянном сокращении продолжительности жизненного цикла изделий основная его часть приходится на переходной неустановившийся режим функционирования производственных линий. В связи с этим при проектировании систем управления производственными линиями для переходных режимов в последнее десятилетие особое внимание уделяется использованию совершенно новых типов моделей управляемых производственных процессов, а также программ и алгоритмов управления ими [Пигнастый, 2014]. Подробный обзор моделей, используемых при проектировании систем управления производственными линиями, представлен в работе [Пигнастый, 2015а]. Анализ моделей переходных управляемых производственных процессов выполнен в [Пигнастый, 2015б]. Существенный интерес среди рассмотренных моделей представляет класс моделей производственных поточных линий, использующих уравнения в частных производных [Пигнастый, 2014]. Данный класс моделей, получивших название PDE-моделей, позволяет проектировать системы управления производственными поточными линиями,

функционирующими в квазистационарных и переходных режимах. Впервые замкнутые балансовые уравнения в частных производных, которые использованы в PDE-моделях поточных линий, получены с обоснованием условий их применения в рамках статистической теории производственных систем [Пигнастый, 2007]. Анализ принципов и методов построения систем управления производственным процессом представлен в работе [Пигнастый, 2016]. Настоящий материал посвящен обсуждению процесса переноса технологических ресурсов на предмет труда.

Производство представляет собой сложный процесс превращения сырья, материалов и полуфабрикатов в готовую продукцию. При воздействии технологического оборудования на предмет труда в процессе выполнения операции осуществляется перенос технологических ресурсов. На каждой операции неизбежно проявляются колебания, как времени выполнения [Пигнастый, 2007а], так и количества перенесенных за это время на предмет труда ресурсов, что обусловлено комплексом действующих на производстве случайных и систематических факторов. Эти факторы приводят к отклонениям параметров предмета труда от номинальных значений [ГОСТ 15467.79, 2001]. Ограничения возможностей метода изготовления изделия, замена при технологических расчетах точных формул приближенными, неточность изготовления оснастки, деформация и износ оборудования, температурные воздействия на деталь или рабочий инструмент в зоне обработки вызывают систематические погрешности. Случайные технологические погрешности определяются неоднородностью сырья, отклонениями параметров комплектующих изделий, колебаниями параметров режима обработки. В ходе технологической обработки на предмет труда одновременно воздействуют разные производственные факторы, определяющие закон распределения значений его параметров в виде композиции нескольких законов распределения [ГОСТ 50779.10, 2000].

### Структура производственного цикла и технологических ресурсов

[Демуцкий и др., 2005; Демуцкий, Пигнастый и др., 2007; Пигнастый, 2009].

Технологический процесс определяется как процесс перехода предметов труда из одного состояния в другое в результате воздействия технологического оборудования [Локтев, 2005; Петров 1978; Якимович, 2003]. Процесс переноса ресурсов на предмет труда является случайным процессом [ГОСТ 15467.79, 2001; ГОСТ 50779.10, 2000]. Сечение случайного процесса переноса технологических ресурсов на предметы труда в каждый момент времени определяется состоянием параметров  $N$  предметов труда [Петров 1978; Летенко, 1979]. В результате выполнения  $m$ -ой ( $m = 1, \dots, M$ ) операции на предметы труда переносятся ресурсы стоимостью  $\Delta S_{m, \psi}$  [Летенко, 1979; ГОСТ 3.1109.82. 2003], структура которой представлена на рис. 1:

$$\Delta S_{m, \psi} = \Delta S_{m, \text{СнМ}} + \Delta S_{m, \text{Э}} + \Delta \Phi_{m, \text{О}} + \Delta \Phi_{m, \text{С}} + \Delta S_{m, \infty}, \quad (m = 1..M) \quad (1)$$

где  $\Delta S_{m, \text{СнМ}}$  (грн.) - стоимость затрат на основной и вспомогательный материалы, полуфабрикаты и комплектующие;  $\Delta S_{m, \text{Э}}$  (грн.) - стоимость затрат энергоресурсов;  $\Delta \Phi_{m, \text{О}}$  (грн.) – стоимость затрат фонда оплата труда основных рабочих;  $\Delta \Phi_{m, \text{С}}$  (грн.) – стоимость затрат фонда оплата труда неосновных и вспомогательных рабочих, связанных с обслуживанием технологического процесса на  $m$ -ой операции [Летенко, 1979; ГОСТ 3.1109.82. 2003];  $\Delta S_{m, \infty}$  (грн.) – стоимость прочих затрат, связанных с выполнением  $m$ -ой операции.

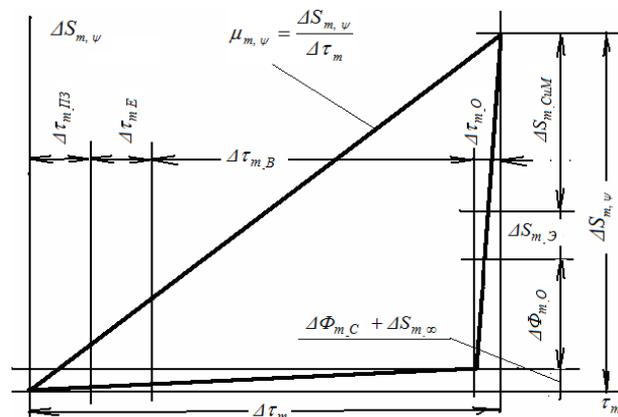


Рис. 1. Процесс переноса стоимости ресурсов на предмет труда  
 Fig. 1. The process of transferring the cost of resources for the subject of work



Стоимость технологических ресурсов  $\Delta S_{m,\psi}$  (1) переносится на предмет труда за эффективное время обработки (ЕПТ, Effective Processing Times)  $\Delta\tau_m$  [Летенко, 1979; ГОСТ 3.1109.82. 2003; Holt et. al., 1960; , Jacobs et. al., 2003; Lefebber, 2004; Шкурба и др., 1975.], структура которого может быть представлена как (рис. 2)

$$\Delta\tau_m = \Delta\tau_{m,o} + \Delta\tau_{m,b} + \Delta\tau_{m,пз} + \Delta\tau_{m,e}, \quad (m = 1..M) \tag{2}$$

где  $\Delta\tau_{m,o}$  (час) - норма основного времени, необходимого для достижения цели операции по качественному и количественному изменению состояния предмета труда;  $\Delta\tau_{m,b}$  (час) - норма вспомогательного времени, требуемого для осуществления действий, создающих возможность выполнения;  $\Delta\tau_{m,e}$  (час)- норма времени на выполнение естественных процессов;  $\Delta\tau_{m,пз}$  (час) – норма операции подготовительно-заключительного времени (подготовка средств производства к выполнению операции и приведение их в первоначальное состояние после ее окончания). Базовые составляющие стоимости перенесенных ресурсов (1) и эффективного времени обработки (2) являются условными и определяются особенностями конкретного технологического процесса. Интенсивность переноса оборудованием ресурсов  $\Delta S_{m,\psi} = \Delta S_{m,\psi}(t)$  за эффективное время обработки  $\Delta\tau_m = \Delta\tau_m(t)$  на  $j$ -й предмет труда, находящийся в межоперационном заделе на  $m$ -ой операции, является случайным процессом  $\mu_{m,\psi}(t)$  [Венцель, Овчаров, 2000а; Венцель, Овчаров, 2000б], значение которого в момент времени  $t = t_0$  определяется случайной величиной  $\mu_{m,\psi} = \mu_{m,\psi}(t_0)$ :

$$\mu_{m,\psi} = \frac{\Delta S_{m,\psi}}{\Delta\tau_m} = \frac{\Delta S_{m,СнМ} + \Delta S_{m,Э} + \Delta\Phi_{m,О} + \Delta\Phi_{m,С} + \Delta S_{m,\infty}}{\Delta\tau_{m,О} + \Delta\tau_{m,В} + \Delta\tau_{m,ПЗ} + \Delta\tau_{m,Е}}. \tag{3}$$

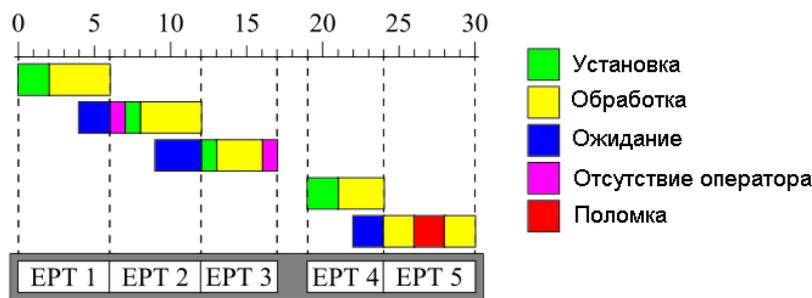


Рис. 2. Эффективное время обработки (ЕПТ) [Holt et. al., 1960; Jacobs et. al., 2003; Lefebber, 2004]  
 Fig. 2. Effective Processing Times (EPT) [Holt et. al., 1960; , Jacobs et. al., 2003; Lefebber, 2004]

Предполагаем, что за время выполнения технологической операции  $\Delta\tau_m$  ресурсы от оборудования полностью переносятся на  $N_m$  предметов труда, расположенных в межоперационном заделе  $m$ -ой операции. Стоимость ресурсов  $\Delta S_{m,СнМ}(t)$ ,  $\Delta S_{m,Э}(t)$ ,  $\Delta\Phi_{m,О}(t)$ ,  $\Delta\Phi_{m,С}(t)$ ,  $\Delta S_{m,\infty}(t)$  (1) и составляющие величины  $\Delta\tau_{m,О}(t)$ ,  $\Delta\tau_{m,В}(t)$ ,  $\Delta\tau_{m,Е}(t)$ ,  $\Delta\tau_{m,ПЗ}(t)$  эффективного времени обработки (ЕПТ) являются случайными процессами с непрерывным временем и непрерывными состояниями [Венцель, Овчаров, 2000б,с.18]. Значения случайных процессов в фиксированный момент времени определяются случайными величинами стоимости перенесенных ресурсов (1) и составляющих эффективного времени обработки (2) [Вейнберг,Данилочкина, 1989]. Сечение случайного процесса интенсивности переноса ресурсов на предмет труда при фиксированном значении аргумента  $t$  представляет случайную величину  $\mu_{m,\psi}$  с плотностью распределения  $\psi_m(t, \mu_{m,\psi})$ :

$$\int_0^{\infty} \psi_m(t, \mu_{m,\psi}) d\mu_{m,\psi} = 1, \quad m = 1, \dots, M, \tag{4}$$

которая может быть записана через плотности распределения  $\psi_{\Delta S_{m,\psi}}(\Delta S_{m,\psi})$ ,  $\psi_{\Delta\tau_m}(\Delta\tau_m)$  случайных величин  $\Delta S_{m,\psi}$  и  $\Delta\tau_m$  [Венцель, Овчаров, 2000а,с.24]:

$$\psi_m(t, \mu_{m,\psi}) = \int_0^{\infty} \Delta\tau_m \cdot \psi_{\Delta S_{m,\psi}}(\Delta\tau_m \cdot \mu_{m,\psi}) \cdot \psi_{\Delta\tau_m}(\Delta\tau_m) d(\Delta\tau_m) \tag{5}$$

Если  $\Delta S_{m,\psi}$  или  $\Delta\tau_m$  является детерминированной величиной, то случайная величина  $\mu_{m,\psi}$  выражается через функциональную зависимость  $\mu_{m,\psi} = \varphi_s(\Delta S_{m,\psi})$  и  $\mu_{m,\psi} = \varphi_\tau(\Delta\tau_m)$  ( $\Delta\tau_m$  или  $\Delta S_{m,\psi}$  детерминирована) с плотностью распределения:

$$\Psi_m(t, \mu_{m,\psi}) = \Psi_{\Delta S_{m,\psi}}(\Delta\tau_m \cdot \mu_{m,\psi}) \cdot \Delta\tau_m, \quad \mu_{m,\psi} = \varphi_S(\Delta S_{m,\psi}), \quad (6)$$

$$\Psi_m(t, \mu_{m,\psi}) = \Psi_{\Delta\tau_m}\left(\frac{\Delta S_{m,\psi}}{\mu_{m,\psi}}\right) \cdot \frac{\Delta S_{m,\psi}}{\mu_{m,\psi}^2}, \quad \mu_{m,\psi} = \varphi_\tau(\Delta\tau_m). \quad (7)$$

Законы распределения случайных процессов  $\Delta S_{m,СнМ}(t)$ ,  $\Delta S_{m,Э}(t)$ ,  $\Delta\Phi_{m,О}(t)$ ,  $\Delta\Phi_{m,С}(t)$ ,  $\Delta S_{m,∞}(t)$  и  $\Delta\tau_{m,О}(t)$ ,  $\Delta\tau_{m,В}(t)$ ,  $\Delta\tau_{m,Е}(t)$ ,  $\Delta\tau_{m,ПЗ}(t)$  зависят от факторов технологии производства, связаны с формами организации производства, методами обработки предметов труда и контроля их качества, механизмами переноса ресурсов на предмет труда в результате воздействия оборудования [Шкурба В.В., 1975]. Равномерный закон распределения возникает в ходе обработки предмета труда средствами труда, оснащенными контрольными приборами с грубыми делениями [Венцель, Овчаров, 2000а, с.155]. К операциям, в ходе выполнения которых составляющие случайных процессов (1) и (2) могут иметь равномерный закон распределения, относятся токарная обработка заготовки, порезка заготовки в размер по технологической линейке. Нормальный закон распределения возникает при выполнении операции, на результат которой оказывают влияния много независимых или слабо зависимых случайных факторов. Показательное распределение тесно связано с простейшим (стационарным пуассоновским) потоком событий. Случайные процессы переноса стоимости ресурсов  $\Delta S_{m,Э}(t)$ ,  $\Delta\Phi_{m,С}(t)$ ,  $\Delta S_{m,∞}(t)$  часто представляют линейной зависимостью от эффективного времени обработки  $\Delta\tau_m(t)$  [Lefebvre et.al, 2004]:

$$\Delta S_{m,Э}(t) = k_{m,Э} \cdot \Delta\tau_m(t), \quad \Delta\Phi_{m,С}(t) = k_{m,Фс} \cdot \Delta\tau_m(t), \quad \Delta S_{m,∞}(t) = k_{m,∞} \cdot \Delta\tau_m(t) \quad (8)$$

где  $k_{m,Э}$ ,  $k_{m,Фс}$ ,  $k_{m,∞}$  - интенсивность использования соответствующего ресурса, необходимого для обслуживания технологического процесса на  $m$ -ой операции. В большинстве практических случаев  $k_{m,Э}$ ,  $k_{m,Фс}$ ,  $k_{m,∞}$  - неслучайные величины, определяются на производственном предприятии порядком разнесения затрат по видам изделий. Случайный процесс  $\Delta\Phi_{m,О}(t)$  для сдельной  $\Delta\Phi_{m,О}(t) = r_{m,Фо}(t)$  и почасовой  $\Delta\Phi_{m,О}(t) = k_{m,Фо} \cdot \Delta\tau_{m,О}(t)$  форм оплаты труда выражается через нормированную расценку  $r_{m,Фо}$  за выполнение операции и нормированную стоимость единицы рабочего времени  $k_{m,Фо}$ , затраченного на выполнение  $m$ -ой операции. Сборочные и упаковочные операции характеризуются переносом на предмет труда детерминированной стоимости ресурсов  $\Delta S_{m,СнМ}$ . В результате выполнения операции предмет труда дополняется комплектующими, изделиями и сборочными единицами заданной стоимости. В производственной практике встречается преобладание стоимости одних технологических ресурсов, перенесенных на предмет труда в ходе выполнения операции, над другими. Для выполнения сборочной операции характерно  $\Delta S_{m,\psi} \cong \Delta S_{m,СнМ} = \text{const}$ . Для операции тестирования, настройки и контроля параметров изделия основными затратами являются затраты фонда оплаты труда  $\Delta S_{m,\psi} \cong r_{m,Фо} = \text{const}$  (для сдельной оплаты),  $\Delta S_{m,\psi} \cong k_{m,Фо} \cdot \Delta\tau_m$  (для почасовой оплаты). Энергоемкие операции (термообработка, закалка, хромирование, никелирование, литье, прессование пластических масс [Венцель Е.С., Овчаров Л.А., 2000а]) характеризуются преобладанием составляющей  $\Delta S_{m,Э}$   $\Delta S_{m,\psi} \cong \Delta S_{m,Э}$ .

Если в заделе перед  $m$ -ой технологической операцией поточной линии находится  $N_m$  продуктов труда, один из которых обрабатывается на оборудовании, то  $\Delta\tau_{m,Pr_j} = \sum_{k=2}^{N_m} \Delta\tau_{m-j-k+1}$  соответствует времени ожидания обработки (времени пролеживания) предмета труда в межоперационном заделе [Lefebvre et. al, 2004],  $\Delta\tau_{m_j} = \Delta\tau_m(t_j)$  - эффективное время обработки  $j$ -ого предмета труда, поступившего на обработку в момент времени  $t_j$ . Для партии последовательно обрабатываемых предметов труда (правило FIFO) общее время обработки  $j$ -ого предмета труда  $\Delta\tau_{m,\Sigma_j}$  с момента поступления его в очередь межоперационного задела  $m$ -ой операции до момента окончания обработки оборудованием есть величина

$$\Delta\tau_{m,\Sigma_j} = \Delta\tau_{m_j} + \Delta\tau_{m,Pr_j} = \sum_{k=1}^{N_m} \Delta\tau_{m-j-k+1}, \quad \Delta\tau_{m,Pr_j} = \sum_{k=2}^{N_m} \Delta\tau_{m-j-k+1}. \quad (9)$$

Если в межоперационном заделе перед  $m$ -ой операцией находится большое количество предметов труда  $N_m \gg 1$ , то на основании центральной предельной теоремы [Венцель, Овчаров, 2000б, с.413] независимо от закона распределения случайной величины  $\Delta\tau_m$  случайная величина  $\Delta\tau_{m,\Sigma_j}$  будет распределена по нормальному закону. Плотность распределения



$\psi_m(t, \mu_{m,\psi})$  случайной величины  $\mu_{m,\psi}$  для  $m$ -ой операции может быть записана через плотности распределения случайных величин  $\Delta S_{m,\psi}$  и  $\Delta \tau_m$  (5). В общем случае необходимо строить эмпирическую статистическую функцию распределения случайной величины [Венцель, Овчаров, 2000а, стр.432], которая может быть выровнена специально подобранной аналитической функцией [Венцель, Овчаров, 2000а, стр.440], определяющей существенные черты статистического материала. Задача сводится к замене гистограммы плавной кривой, имеющей достаточно простое аналитическое выражение, с последующим использованием его в качестве плотности распределения случайной величины  $\Delta S_{m,\psi}$  и  $\Delta \tau_m$ . Вопрос о том, в каком классе функций искать наилучшее приближение, решается исходя из особенностей производственной задачи. Часто вид выравнивающей кривой для плотности распределения случайной величины выбирается исходя из условий возникновения случайной величины [Zhang, 2009, стр.16]. Распространенным методом выравнивания является метод моментов. Как правило, моменты выше четвертого порядка не используют [Венцель, Овчаров, 2000а, стр.442]. Даже для простых случаев распределения случайных величин  $\Delta S_{m,\psi}$  и  $\Delta \tau_m$  закон распределения случайной величины  $\mu_{m,\psi}$  имеет сложный аналитический вид, может быть полезен только для качественного анализа параметров производственного процесса. Целесообразно при построении функция переноса технологических ресурсов (5) использовать плотности распределения случайных величин  $\Delta S_{m,\psi}$  и  $\Delta \tau_m$  с шагом группированного статистического ряда [Венцель, Овчаров, 2000а, стр.437], обеспечивающим требуемую точность численного интегрирования. Полученная численным способом плотность распределения  $\psi_m(t, \mu_{m,\psi})$  на  $m$ -ой операции выравнивается одним из известных законов распределения случайной величины  $\mu_{m,\psi}$ . Для плотности распределения  $\psi_m(t, \mu_{m,\psi})$  справедливо качественное поведение:

$$\lim_{\mu_{m,\psi} \rightarrow 0} \psi_m(t, \mu_{m,\psi}) \rightarrow 0, \quad \lim_{\mu_{m,\psi} \rightarrow \infty} \psi_m(t, \mu_{m,\psi}) \rightarrow 0 \quad (10)$$

что является следствием переноса конечного количества технологических ресурсов за конечное время обработки предмета труда на  $m$ -ой технологической операции.

Производственная функция обобщенной технологической единицы [Pihnastyi, 2005b; Pihnastyi, 2007b]. Трудность реализации математических моделей операций связана с отсутствием уравнений состояния, характеризующих физический процесс преобразования ресурсов в ходе выполнения операции, а при наличии уравнений состояния – с отсутствием необходимых значений физических констант для конкретных коэффициентов в таких уравнениях. Это приводит к введению упрощениям при описании операции и существенным отклонениям от реальной технологии производства. Подавляющее число прикладных задач по моделированию технологических процессов являются оптимизационными, учитывающими ограничения, связанные с реализацией поставленной задачи. Моделирование должно осуществляться на базе глубокого физического анализа операции, так как в основе операций лежат физические или механические процессы (нагрев, охлаждение, резанием, давление, пространственные перемещения). Эти процессы описываются обыкновенными или в частных производных дифференциальными уравнениями, имеющими множество решений [Митрофанов, Куликов, 1987.]. Для получения решения, обеспечивающего единственное поведение исполнительных механизмов при выполнении операции, необходимо задать граничные и начальные условия. После установления единственности решения возникает задача обеспечения требуемой технологической точности [Tihonov et. al., 1990].

Общей чертой моделирования операций является то, что большинство разработчиков новых технологических процессов продолжают пользоваться дорогостоящим методом проб и ошибок из-за отсутствия строгих математических зависимостей. Другая группа трудностей, снижающая точность решения технологических задач даже при наличии достаточно строгих законов (уравнение теплопроводности), определяющих физический процесс, вызвана отсутствием достоверных физических коэффициентов. Причины, связанные с использованием не вполне корректных в физическом смысле для конкретного случая моделирования основных уравнений или входящих в них коэффициентов, требуют необходимую экспериментальную проверку и корректировку вычислений. Для повышения точности решений на практике требуются физические эксперименты. Принятые с большими допущениями параметры в модели операции рассматривают как неизвестные. Для их определения пользуются экспериментом данными [Tihonov et. al., 1990].

При построении производственной функции обобщенной технологической единицы будем подразумевать выполнение одной обобщенной операции на одном обобщенном оборудовании (рис. 3). Введем обозначения для ресурсов капитала  $k_m$ , энергоресурсов  $e_m$  и трудовых ресурсов  $l_m$  для  $m$ -ой агрегированной операции:

$$\langle \Delta S_{m,\psi} \rangle = k_m + e_m + l_m, \quad k_m = \langle \Delta S_{m,CuM} + \Delta S_{m,\infty} \rangle, \quad e_m = \langle \Delta S_{m,\Theta} \rangle, \quad l_m = \langle \Delta \Phi_{m,0} + \Delta \Phi_{m,C} \rangle, \quad (11)$$

При построении производственных функций подразумеваем, что продолжительность интервала времени  $T$ , для которого строится производственная функция, значительно превышает длительность изготовления изделия  $T \gg \sum_{m=1}^M \Delta\tau_m$ , что позволяет сгладить влияние начальных условий. Для линии “Intel” с количеством операций  $M \approx 100..500$  [Lefebber et.al., 2004], [Tian,2011,с.445] и средним количеством предметов труда  $\langle N_m \rangle \approx 1000$  [Lefebber et.al., 2004] в межоперационном заделе, получаем оценку:  $\left( \frac{\langle \Delta\tau_m \rangle}{T} \right) \approx 10^{-5}$ . Технологические процессы, включающие операции кузнечно-прессового или литейного производства, имеют в межоперационном заделе  $\langle N_m \rangle \approx 10^4 \div 10^6$  предметов труда. Таким образом, статистическое распределение параметров случайных процессов  $\Delta S_{m\_CuM}$ ,  $\Delta S_{m,\varepsilon}(t)$ ,  $\Delta\Phi_{m,o}(t)$ ,  $\Delta\Phi_{m,c}(t)$ ,  $\Delta S_{m,\infty}(t)$  и  $\Delta\tau_{m,o}(t)$ ,  $\Delta\tau_{m,B}(t)$ ,  $\Delta\tau_{m,E}(t)$ ,  $\Delta\tau_{m,ПЗ}(t)$  в фиксированный момент времени не зависит от начального состояния, так как влияние начального состояния в течение достаточно большого промежутка времени  $t$  вытеснено влиянием других случайных факторов. Если статистическое распределение случайного процесса, например  $\Delta S_{m,\psi}(t)$ , известно, то возможно вычислить средние значения технологических параметров и величин  $f(\Delta S_{m,\psi})$ , зависящих от  $\Delta S_{m,\psi}(t)$ :

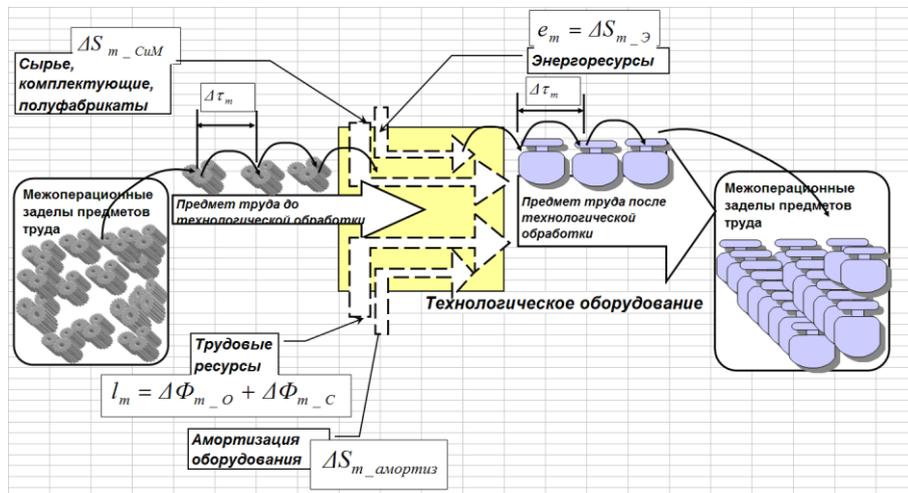


Рис. 3. Схема переноса технологических ресурсов на предмет труда  
 Fig. 3. Scheme transfer technology resources on the subject of work

$$\langle f(\Delta S_{m,\psi}) \rangle = \int_0^{\infty} f(\Delta S_{m,\psi}) \cdot \psi_{\Delta S_m}(\Delta S_{m,\psi}) \cdot d(\Delta S_{m,\psi}), \quad \int_0^{\infty} \psi_{\Delta S_m}(\Delta S_{m,\psi}) \cdot d(\Delta S_{m,\psi}) = 1 \tag{12}$$

Введем вероятность того, что реализация случайного процесса в течение времени  $T$  отслеживания параметра системы  $\Delta S_{m,\psi}$  будет находиться в промежутке  $(\Delta S_{m,\psi 0}, \Delta S_{m,\psi 0} + \delta(\Delta S_{m,\psi}))$  время  $\delta T$ :

$$dW_{\Delta S_m} = \psi_{\Delta S_m}(\Delta S_{m,\psi}) \cdot d(\Delta S_{m,\psi}). \tag{13}$$

В силу определения статистическое усреднение эквивалентно усреднению по времени.

$$\langle \Delta S_{m,\psi}(t) \rangle = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T \Delta S_{m,\psi}(t) dt. \tag{14}$$

С другой стороны

$$\langle \Delta S_{m,\psi}(t) \rangle = \int_0^{\infty} \Delta S_{m,\psi} \cdot \psi_{\Delta S_m}(\Delta S_{m,\psi}) \cdot d(\Delta S_{m,\psi}). \tag{15}$$

Таким образом, давая возможность вычислять средние значения величин случайных процессов, статистика позволяет делать предсказания, оправдывающиеся с большой точностью для любого промежутка времени, настолько большого, чтобы полностью сгладить влияние начальных условий. При построении производственной функции для  $m$ -ой агрегированной операции рассмотрим процесс переноса ресурсов  $dR_{m,\psi} = dK_{m,\psi} + dL_{m,\psi} + dE_{m,\psi}$  капитала  $dK_{m,\psi}$ , энергоресурсов  $dE_{m,\psi}$  и трудовых ресурсов  $dL_{m,\psi}$  за время  $dt$ . Будем полагать, что за рассматриваемый промежуток  $dt \gg \langle \Delta\tau_m \rangle$  произошло достаточное большое число реализаций случайного процесса  $\Delta\tau_m(t)$ . Тогда количество перенесенных ресурсов  $dR_{m,\psi} = \langle \mu_{m,\psi} \rangle \cdot dt$  за время  $dt$  можно определить следующим образом:



$$\langle \mu_{m-\psi} \rangle = \frac{\langle \Delta S_{m-\psi} \rangle}{\langle \Delta \tau_m \rangle} = \int_0^\infty \psi_m(\mu_{m-\psi}) \cdot \mu_{m-\psi} d\mu_{m-\psi}, \quad \langle \Delta \tau_m \rangle = \int_0^\infty \Delta \tau_m \cdot \psi_{\Delta \tau_m}(\Delta \tau_m) \cdot d(\Delta \tau_m). \quad (16)$$

Статистически усредненная величина  $\langle \Delta S_{m-\psi} \rangle$  задана технологией производства норма расходов ресурсов на выполнение операции, а статистически усредненная величина  $\langle \Delta \tau_m \rangle$  обратно пропорциональна темпу работы оборудования:

$$\frac{dR_{m-\psi}}{dt} = [\chi]_{l\psi} \cdot r_m, \quad \langle \Delta S_{m-\psi} \rangle = k_m + e_m + l_m = r_m, \quad \langle \Delta \tau_m \rangle = \frac{1}{[\chi]_{l\psi}}, \quad (17)$$

$$\frac{dK_{m-\psi}}{dt} = [\chi]_{k\psi} \cdot k_m, \quad \frac{dL_{m-\psi}}{dt} = [\chi]_{l\psi} \cdot l_m, \quad \frac{dE_{m-\psi}}{dt} = [\chi]_{e\psi} \cdot e_m.$$

Принимая во внимание (17), следует

$$[\chi]_{l\psi} = \frac{1}{k_m} \cdot \frac{dK_{m-\psi}}{dt}, \quad [\chi]_{e\psi} = \frac{1}{e_m} \cdot \frac{dE_{m-\psi}}{dt}, \quad [\chi]_{l\psi} = \frac{1}{l_m} \cdot \frac{dL_{m-\psi}}{dt}, \quad (18)$$

$$e_m = f_m(k_m, [\chi]_{l\psi}), \quad l_m = g_m(k_m, [\chi]_{l\psi}) \quad (19)$$

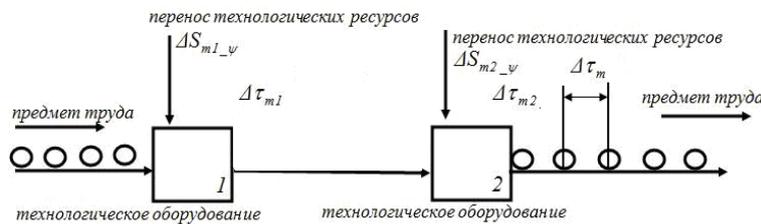


Рис. 4. Схема обобщенной единицы технологического оборудования  
Fig. 4. Scheme of generalized piece of equipment

Блок технологических коэффициентов (Lefebvre et al., 2004) определяет технологию обработки предмета труда оборудованием как множество способов производства, задает отношения между интенсивностью потреблением ресурсов капитала  $dK_{m-\psi}$ , энергоресурсов  $dE_{m-\psi}$  и трудовых ресурсов  $dL_{m-\psi}$ . Для обобщенной технологической единицы, состоящей из двух последовательно расположенных единиц оборудования (рис. 4), каждое из которых характеризуется статистически усредненной нормой расходов ресурсов  $\langle \Delta S_{m1-\psi} \rangle$  и  $\langle \Delta S_{m2-\psi} \rangle$  за эффективное время выполнения операции  $\langle \Delta \tau_{m1} \rangle$  и  $\langle \Delta \tau_{m2} \rangle$ , производственная функция примет вид:

$$\frac{dR_{m-\psi}}{dt} = \frac{r_m}{[\chi]_{l\psi}}, \quad \langle \Delta S_{m1-\psi} \rangle + \langle \Delta S_{m2-\psi} \rangle = \langle \Delta S_{m-\psi} \rangle = r_m, \quad \langle \Delta \tau_{m1} \rangle + \langle \Delta \tau_{m2} \rangle = \langle \Delta \tau_m \rangle = \frac{1}{[\chi]_{l\psi}} \quad (20)$$

При обработке предмета труда на одной из единиц оборудования, входящих в состав обобщенного оборудования, остальные единицы простаивают. Повышение производительности достигается параллельным расположением оборудования или разделением обобщенной операции на несколько операций (рис. 5), каждая из которых снабжена межоперационным накопителем. Если обобщенная технологическая единица состоит из двух параллельно работающих единиц (рис. 5), то темп обработки определяется темпами обработки параллельно расположенного оборудования, выполняющего операцию одним и тем же или разными способами. Количество перенесенных ресурсов  $\langle \Delta S_{m-\psi} \rangle$  за эффективное время обработки  $\langle \Delta \tau_m \rangle$  определим из системы уравнений:

$$\begin{cases} [\chi]_{l\psi} = [\chi]_{l1\psi} + [\chi]_{l2\psi}, \\ \langle \Delta S_{m-\psi} \rangle \cdot [\chi]_{l\psi} = \langle \Delta S_{m1-\psi} \rangle \cdot [\chi]_{l1\psi} + \langle \Delta S_{m2-\psi} \rangle \cdot [\chi]_{l2\psi}, \end{cases} \quad [\chi]_{l1\psi} = \frac{1}{\langle \Delta \tau_{m1} \rangle}, \quad [\chi]_{l2\psi} = \frac{1}{\langle \Delta \tau_{m2} \rangle}, \quad (21)$$

$$\langle \Delta S_{m-\psi} \rangle = \frac{\langle \Delta S_{m1-\psi} \rangle \cdot \langle \Delta \tau_{m2} \rangle + \langle \Delta S_{m2-\psi} \rangle \cdot \langle \Delta \tau_{m1} \rangle}{\langle \Delta \tau_{m1} \rangle + \langle \Delta \tau_{m2} \rangle}, \quad \langle \Delta \tau_m \rangle = \frac{\langle \Delta \tau_{m1} \rangle \cdot \langle \Delta \tau_{m2} \rangle}{\langle \Delta \tau_{m1} \rangle + \langle \Delta \tau_{m2} \rangle}. \quad (22)$$

Если обобщенная единица представляет технологический участок с расположенным вдоль технологического маршрута большим количеством параллельно и последовательно расположенных единиц оборудования, то объединяя последовательно или параллельно расположенные единицы оборудования в одну обобщенную, может быть получена производственная функция обобщенной

единицы. Обобщенной единице соответствует статистически усредненные норма расходов ресурсов и эффективное время выполнением операций.

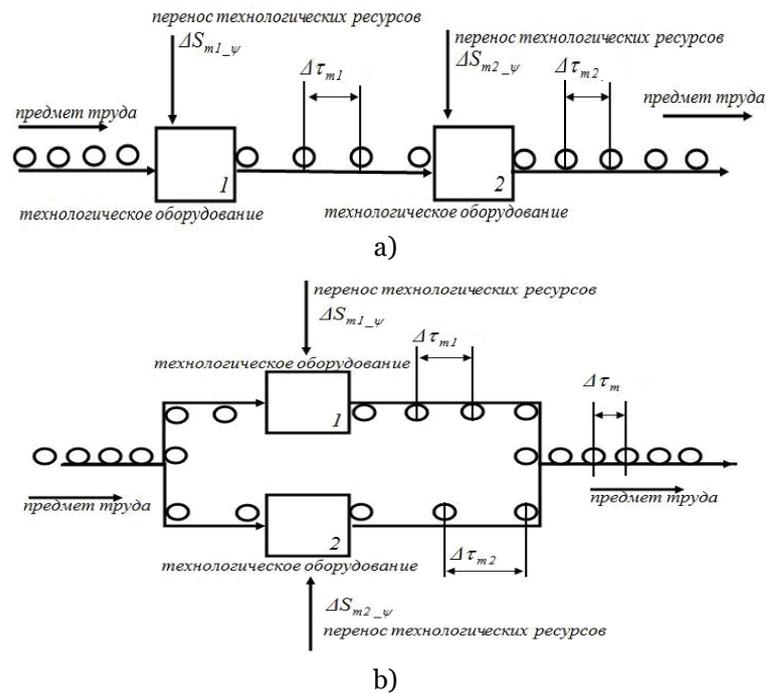


Рис. 5. Схема расположения обобщенных единиц оборудования:  
 а– последовательное расположение; б– параллельное расположение  
 Fig. 5. Location scheme of generalized pieces of equipment:  
 a- sequential arrangement; b-parallel arrangement

### Заключение

Перенос технологических ресурсов на предмет труда в результате воздействия технологического оборудования является случайным процессом. Закономерности, характеризующие данный процесс, значительным образом влияют на потоковые характеристики производственных линий. Однако, несмотря на свою важность, данные закономерности достаточным образом не исследованы. Как правило, исследователи ограничивались построением производственных функций для производственной системы в целом, не рассматривая структуры времени выполнения технологической операции и структуры технологических ресурсов, переносимых на предмет труда в результате выполнения технологической операции. Разработке детального предметно-технологического описания управляемого производственного процесса, основанного, на стохастическом механизме переноса технологических ресурсов на предмет труда в результате воздействия оборудования в ходе выполнения технологической операции, должного внимания не уделяется.

В статье приведен краткий обзор различных подходов, используемых при построении модели переноса технологических ресурсов на предмет труда. Особое внимание уделяется структуре времени технологической обработки предмета труда и структуре технологических ресурсов, переносимых на предмет труда.

### Список литературы References

Вейнберг А. М., Данилочкина Н.Г. 1989. Совершенствование проектирования трудовых процессов. Рига: Зинатне. 86  
 Vejnberg A. M., Danilochkina N.G. 1989. Sovershenstvovanie proektirovanija trudovyh processov. Riga: Zinatne. 86.  
 Венц Венцель Е.С., Овчаров Л.А. 2000. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М., Высшая школа. 480.  
 Vencel' E.S., Ovcharov L.A. 2000. Teorija verojatnostej i ee inzhenernye prilozhenija. M., Vysshaja shkola. 480. (in Russian)  
 Венцель Е.С., Овчаров Л.А. 2000. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. М., Высшая школа. 383.



- Vencel' E.S., Ovcharov L.A. 2000. Teorija sluchajnyh processov i ee inzhenernye prilozhenija. M., Vysshaja shkola. 383.
- ГОСТ 15467.79. 2001. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Госстандарт России, 25
- GOST 15467.79. 2001. Upravlenie kachestvom produkcii. Osnovnye ponjatija. Terminy i opredelenija. – M.: Gosstandart Rossii, 25 (in Russian)
- ГОСТ 50779.10.2000. Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения. – М.: Госстандарт России, 38
- GOST 50779.10-2000. Statisticheskie metody. Verojatnost' i osnovy statistiki. Terminy i opredelenija. – M.: Gosstandart Rossii, 38 (in Russian)
- ГОСТ 3.1109.82. 2003. Термины и определения основных понятий. М., Госстандарт России. 15
- GOST 3.1109.82. 2003. Terminy i opredelenija osnovnyh ponjatij. M., Gosstandart Rossii. 15 (in Russian)
- Демуцкий В. П., Пигнастая В. С., Пигнастый О. М., 2005. Стохастическое описание экономико-производственных систем с массовым выпуском продукции. Доповіді Національної академії наук України. 7: 66–71.
- Demuckij V. P., Pihnastaja V.S., Pihnastyi O. M. 2005. Stohasticheskoe opisanie jekonomiko-proizvodstvennyh sistem s massovym vupuskom produkcii. Dopovidi Nacional'no'i akademii nauk Ukraïni. 7: 66 – 71. (in Russian)
- Демуцкий В. П., Пигнастый О. М. 2007. Теория функционирования производственного процесса с серийным или массовым выпуском продукции. Математичні моделі та інформаційні технології в сучасній економіці. 62-98.
- Demuckij V. P., Pihnastyi O.M. 2007. Teorija funkcionirovanija proizvodstvennogo processa s serijnym ili massovym vupuskom produkcii. Matematichni modeli ta informacijni tehnologii v suchasnij ekonomici. 62-98. (in Russian)
- Летенко В. А. 1979. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием. М., Высшая школа. 232
- Letenko V.A. 1979. Organizacija, planirovanie i upravlenie mashinostroitel'ny'm predprijatijem. M., Vysshaja shkola. 232 (in Russian)
- Локтев И. И. 2005. Вопросы моделирования технологического процесса. Известия Томского политехнического университета. 308(6): 90-94
- Loktev I. I. 2005. Voprosy modelirovanija tehnologicheskogo processa. Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta. 308(6): 90 – 94 (in Russian)
- Петров В. Н. 1978. Теории моделей в процессах управления. М.: Наука. 224
- Petrov V. N. 1978. Teorii modelej v processah upravlenija. M.: Nauka. 224 (in Russian)
- Пигнастый О. М. 2014. О новом классе динамических моделей поточных линий производственных систем. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Белгород: БГУ, 31/1.: 147-157
- Pihnastyi O.M. 2014. O novom klasse dinamicheskikh modelej potochnyh linij proizvodstvennyh sistem. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Belgorod. 31/1. : 147-157 (in Russian)
- Пигнастый О. М. 2015. Обзор моделей управляемых производственных процессов поточной линии производственных систем. Научные ведомости Белгородского государственного университета. 34/1: 137-152
- Pihnastyi O. M. 2015. Obzor modelej upravljaemyh proizvodstvennyh processov potочноj linii proizvodstvennyh sistem . Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. 34/1: 137-152 (in Russian)
- Пигнастый О. М. 2015. Анализ моделей переходных управляемых производственных процессов. Научные ведомости Белгородского государственного университета. 35/1: 133-144
- Pihnastyi O. M. 2015. Analiz modelej perehodnyh upravljaemyh proizvodstvennyh processov. Nauchnye vedomosti Belgorod-skogo gosudarstvennogo universiteta. 35/1: 133-144 (in Russian)
- Пигнастый О. М. 2005. Инженерно-производственная функция предприятия с серийным или массовым выпуском продукции. Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. Харьков: НАКУ. 42(3): 111 – 117.
- Pihnastyi O. M. 2005. Inzhenerno-proizvodstvennaja funkcija predprijatija s serijnym ili massovym vupuskom produkcii. Voprosy proektirovanija i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov. Харьков: НАКУ. 42(3): 111 – 117. (in Russian)
- Пигнастый О. М. 2007. Статистическая теория производственных систем. Х., ХНУ, 388
- Pihnastyi O. M. 2007. Statisticheskaja teorija proizvodstvennyh sistem. H., HNU, 388 (in Russian)
- Пигнастый О. М. 2007. О построении целевой функции производственной системы. Доповіді Національної академії наук України. 5: 50 – 55.
- Pihnastyi O. M. 2007. O postroenii celevoj funkcii proizvodstvennoj sistemy. Dopovidi Nacional'no'i akademii nauk Ukraïni. 5: 50 – 55. (in Russian)
- Пигнастый О. М. 2016. Анализ принципов и методов построения систем управления производственным процессом. Научные ведомости Белгородского государственного университета. 37: 152-161
- Pihnastyi O.M. 2016. Analiz principov i metodov postroenija sistem upravlenija proizvodstvennym processom. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. 37: 152-161 (in Russian)
- Пигнастый О. М. 2009. Расчет производственного цикла с применением статистической теории производственно-технических систем. Доповіді Національної академії наук України. 12: 38 – 44
- Pihnastyj O.M. 2009. Raschet proizvodstvennogo cikla s primeneniem statisticheskij teorij proizvodstvenno-tehnicheskikh sistem. Dopovidi Nacional'no'i akademii nauk Ukraïni. 12: 38 – 44 (in Russian)
- Шкурба В.В., Болдырева В.А., В'юн А.А. 1975. Планирование дискретного производства в условиях АСУ. К., Техника. 296
- Shkurba V.V., Boldyreva V.A., V'jun A.A. 1975. Planirovanie diskretnogo proizvodstva v uslovijah ASU. K., Tehnika. 296 (in Russian)
- Якимович С. Б. 2003. Постановка и решение задачи синтеза и оптимального управления технологическими процессами лесозаготовок. Лесной вестник. 3: 149 – 160.

Jakimovich S.B. Postanovka i reshenie zadachi sinteza i optimal'nogo upravlenija tehnologicheskimi processami lesozagotovok. Lesnoj vestnik. 3: 149 – 160.

Holt C.C., Modigliani F., Muth J.F. 1960. Planning Production: Inventories and Work Force. Prentice-Hall. 419

Jacobs J.H., Campen E.J., Rooda J.E. 2003. Characterization of the operational time variability using effective processing times. IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing. 16(3): 511 – 520.

Lefebvre E., Berg R.A., Rooda J.E. 2004. Modeling, Validation and Control of Manufacturing. Proceeding of the 2004 American Control Conference. 4583 – 4588.

Zhang Liang. 2009. System-theoretic properties of Production Lines. A dissertation submitted the degree of Doctor of Philosophy. Michigan. 289

Tian F. 2011 An iterative approach to item-level tactical production and inventory planning. International Journal of Production Economics. 133: 439 – 450.

Simon J.T., Hopp J. 1991. Availability and Average Inventory of Balanced Assembly. NFORM Global. 161 – 168.



УДК 004.822

## ЛОГИЧЕСКИЙ ВЫВОД НА ВИЗУАЛЬНЫХ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИХ УФО-МОДЕЛЯХ ПУТЕМ ИНТЕГРАЦИИ СО СРЕДСТВАМИ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ИНЖИНИРИНГА

### THE INFERENCE ON THE VISUAL UFO MODELS BY INTEGRATING WITH THE ONTOLOGICAL ENGINEERING TOOLS

**А.А. Кондратенко, С.И. Маторин**  
**A.A. Kondratenko, S.I. Matorin**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85*

*Belgorod State National Research University,  
85, Victory St., Belgorod, 308015, Russia*

*E-mail: a.kondratenko-sl@yandex.ru*

*Аннотация.* Статья посвящена методу логического вывода на визуальных графоаналитических моделях, построенных в терминах «Узел-Функция объект». Актуальность задач логического вывода на УФО-моделях обосновывается потребностью в средствах и инструментах машинной обработки визуальных моделей предметных областей при организации управления знаниями. Для решения данных задач разработан новый метод логического вывода на системно-объектных моделях, в основе которого лежит предложенный авторами ранее подход к построению онтологий на основе средств системно-объектного подхода (УФО-подхода). В рамках разработанного метода существующие инструменты логического вывода на онтологиях (специализированные языки запросов и решатели) применяются к формальному описанию онтологии, полученной путем преобразования УФО-моделей. Рассматриваются примеры решения прикладных задач логического вывода на УФО-моделях с использованием языка запросов SPARQL и SWRL-правил.

*Resume.* The article is devoted to the method of the inference on the visual domain models, which are built in the terms «Unit-function object». The topicality of the inference on UFO models tasks is substantiated by the need of the tools for the visual domain models computer processing in knowledge management. A new method of inference on the system-object models was developed for solve these tasks. This method is based on the authors previously proposed approach to building ontologies based on the system-object approach (UFO approach) tools. In this method tools for the inference on the ontologies (like specialized query languages and reasoners) apply to the formal description of ontology obtained by conversion from the UFO model. The examples of solving inference on the UFO models tasks using the SPARQL query language and SWRL-rules.

*Ключевые слова:* УФО-подход, онтология, онтологический инжиниринг, RDF, SPARQL, SWRL.  
*Keywords:* UFO approach, ontology, ontology engineering, RDF, SPARQL, SWRL.

### Введение

Одним из актуальных направлений современной инженерии знаний является машинная обработка визуальных моделей предметных областей. Методы и средства извлечения и обработки содержащихся в подобных моделях знаний позволяют использовать модели в качестве источников знаний в прикладных информационно-системных системах, решающих задачи поддержки принятия решений в сложных сферах деятельности.

Исследователи предлагают ряд решений задач машинной обработки знаний, содержащихся в визуальных моделях предметных областей, и, в частности, в графоаналитических моделях в терминах «Узел-Функция-Объект» (УФО-моделях). Так, Жихаревым А.Г. [Жихарев, 2013] разработан формализованный метод и алгоритм вывода на графоаналитических УФО-моделях организационных знаний, представляемых средствами СОМПЗ (системно-объектного метода представления знаний). Данная работа ориентирована в основном на формализованное представление организационных знаний.

В то же время, необходимо отметить, что задача извлечения и обработки знаний из УФО-моделей несколько шире, поскольку в терминах системно-объектного подхода может осуществляться моделирование широкого круга предметных областей: от конкретного технологического процесса до сложных систем и целых областей знаний экспертов. Соответственно, актуальной задачей является

поиск универсального метода логического вывода на графоаналитических УФО-моделях, позволяющего осуществлять обработку аккумулированных в них знаний вне зависимости от предметной области и специфики модели.

### **Взаимосвязь задачи логического вывода на УФО-моделях и метода построения онтологии на их основе**

Для решения указанной задачи могут применяться механизмы логического вывода на формальных представлениях онтологий. Это возможно на основании результатов исследований [Слободюк и др., 2013; Кондратенко, Маторин, 2016а; Кондратенко, Маторин, 2016б], в которых предложен метод построения онтологий на основе визуальных графоаналитических УФО-моделей предметных областей. В частности, представление УФО-моделей предметных областей с помощью формализованного языка представления онтологий RDF (Resource Description Framework), описанное в указанных работах, открывает широкие возможности в области машинной обработки УФО-моделей. Формируемое в данном случае формальное представление визуальной графоаналитической модели в виде кода на языке RDF, а также возникших на его основе модификаций, позволяет сделать исходную УФО-модель машиночитаемой. Наличие в языке RDF нескольких нотаций, конвертация между которыми возможна с помощью достаточно распространенных специальных программных средств, позволяет использовать наиболее удобную в том или ином случае. Так, например, нотация N-Triples является более простой для восприятия человеком, в то время как нотация RDF/XML приближена к формату XML, что позволяет использовать ее в информационных системах и специализированных программных средствах, в том числе, с использованием обработки существующими XML-парсерами.

Подобный метод обработки содержащихся в УФО-моделях знаний о предметной области позволяет осуществлять процесс логического вывода на онтологиях, основой которых являются указанные модели. На основе механизмов логического вывода и получения знаний из онтологий, созданных на базе УФО-моделей, могут быть построены интеллектуальные информационные системы, включающие в себя элементы экспертных систем и систем поддержки принятия решений.

Рассмотрим подробнее метод логического вывода на визуальных графоаналитических УФО-моделях за счет их интеграции с формальными средствами записи онтологии. В основе данного метода лежит идея извлечения знаний, содержащихся в любой УФО-модели, преобразовании их к виду, для которого становится возможным применение механизмов и программных средств логического вывода на онтологиях. Составляющими указанного метода являются перечисленные ниже шаги (этапы):

- Извлечение знаний о предметной области из компьютерной графоаналитической системно-объектной модели.
- Представление извлеченных знаний на формальном языке записи онтологий, то есть в виде, пригодном для машинной обработки,
- Применение инструментов логического вывода (языка запросов или решателя) к полученному формальному представлению онтологии, построенной на основе УФО-модели.

Действительно, УФО-модель содержит в себе совокупность знаний о предметной области, которые могут быть представлены в виде отдельных фактов, которые систематизируются с помощью классификации, предложенной в [Слободюк, 2014]. Возможность извлечения подобного набора фактов о предметной области обоснована с помощью соответствующей адаптации средств формализации УФО-подхода [Кондратенко, Маторин, 2016б]. Таким образом, компьютерную графоаналитическую УФО-модель можно считать источником знаний о предметной области.

Помимо знаний, содержащихся в такой модели в явном виде и извлекаемых из нее в процессе построения онтологии, из УФО-модели могут быть выведены новые знания о предметной области. Для их получения (вывода) необходимо применение соответствующих механизмов и алгоритмов. Как правило, подобные механизмы поддаются автоматизации, и на их основе разрабатываются специальные программные средства. Однако применение подобных алгоритмических и программных средств возможно только к формализованному представлению источника знаний, то есть УФО-модели. Поскольку для решения задач логического вывода на УФО-моделях предполагается использовать наработки, существующие для решения аналогичных задач логического вывода на онтологиях, в качестве базы знаний предлагается использовать онтологию, построенную на основе анализируемой УФО-модели предметной области по описанному ранее методу.

Иными словами, предлагаемый метод логического вывода знаний на графоаналитических УФО-моделях основан именно на переходе от анализируемой УФО-модели предметной области к онтологии и применении соответствующих механизмов к полученному формальному описанию построенной онтологии. Опыт мирового исследовательского сообщества позволяет воспользоваться в этом случае лучшими практиками применения онтологий для решения прикладных задач.



## Классификация задач логического вывода на УФО-моделях

Определим круг основных задач логического вывода на построенных на основе УФО-моделей онтологиях, которые могут быть полезными при решении проблем в прикладных областях. Такие задачи можно условно сгруппировать по типу данных, на основе которых они строятся. В зависимости от предметной области и цели извлечения знаний формулировка задач может варьироваться.

Далее приведена классификация типовых задач логического вывода на онтологиях, построенных на основе УФО-моделей.

1. Задачи на основе данных о связях.
  - 1.1. Построение классификации связей.
  - 1.2. Вывод перечня подклассов заданного класса связей.
  - 1.3. Получение полной информации о заданном классе связей.
2. Задачи на основе данных об узлах.
  - 2.1. Получение подробной информации о заданном узле.
  - 2.2. Определение функции, балансирующей заданный узел.
  - 2.3. Получение информации об объекте, занимающем данный узел.
  - 2.4. Вывод перечня портов (всех, входящих, исходящих) заданного узла.
  - 2.5. Определение узлов, имеющих сходные порты с заданным.
  - 2.6. Формирование перечня пустых/занятых портов заданного узла.
3. Задачи на основе данных о функциях.
  - 3.1. Вывод подробной информации о заданной функции.
  - 3.2. Построение списка узлов, балансируемых заданной функцией.
  - 3.3. Получение списка объектов, реализующих заданную функцию.
4. Задачи на основе данных об объектах.
  - 4.1. Отображение подробной информации о заданном объекте.
  - 4.2. Вывод списка узлов, занимаемых заданным объектом.
  - 4.3. Получение функций, реализуемых конкретным объектом.
5. Задачи на основе данных об УФО-элементах в целом.
  - 5.1. Формирование перечня входов и выходов заданной функции (на основе данных об узле, его портах и балансирующей его функции).
  - 5.2. Получение информации о связях между двумя заданными УФО-элементами (на основе информации об узлах, их портах и существующих в модели связях).
  - 5.3. Построение цепочек взаимодействия между заданными УФО-элементами (на основе данных об узлах, их портах, существующих в модели связях).

Следует отметить, что данная классификация описывает лишь основные, наиболее общие задачи, которые могут возникнуть при обработке УФО-моделей. В зависимости от конкретной прикладной задачи приведенный список может быть дополнен специфическими примерами задач логического вывода на УФО-моделях. Тем не менее, предложенная классификация позволяет систематизировать основные виды решаемых задач и определить наиболее подходящие для их решения средства и инструменты.

## Обзор инструментов логического вывода на онтологиях

Использование онтологий в прикладных информационных системах на сегодняшний день фактически является отдельным исследовательским направлением, в рамках которого разработаны принципы, подходы, алгоритмы, а также основанные на них библиотеки и программные средства, позволяющие осуществлять логический вывод на онтологиях, многие из которых могут быть использованы для осуществления логического вывода на УФО-моделях.

В качестве одного из наиболее распространенных средств обработки знаний, содержащихся в онтологии, можно выделить языки запросов, такие как DQL, N3QL, RDFQ, RDQ, RDQL, SPARQL. Среди них наиболее изученным и широко применяемым является SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) – язык запросов к данным, представленным по модели RDF, а также протокол для передачи этих запросов и ответов на них. Данный язык является рекомендацией консорциума W3C и регламентирован соответствующими документами [SPARQL 1.1 Overview, 2013]. Запросы, формируемые на языке SPARQL, имеют конструкцию, сходную с запросами к базам данных на языке SQL (Structured query language) – языке управления данными в реляционных базах данных. Результаты SPARQL-запросов к RDF-графам могут быть представлены в различных форматах, таких как XML, Json, а также CSV и TSV. Языки запросов к формальному представлению онтологий на RDF успешно применяются для решения задач получения фрагментов явных знаний, содержащихся в онтологии. Так, подобным образом могут быть решены задачи 1.2, 2.2-2.6, 3.2, 3.3, 4.2, 4.3 приведенной ранее классификации задач логического вывода на УФО-моделях.

Более сложные инструменты, предназначенные, в частности, для вывода новых знаний из онтологий, в литературе [Abburu, 2012; Dentler et al., 2011] также называются решателями (reasoner). Решатели для осуществления логического вывода на онтологиях можно условно разделить на следующие типы:

- На основе правил (O-DEVICE).
- На основе резолюций (поиска противоречий): KAON2.
- На основе семантического табло (semantic tableau, табло-алгоритма): FaCT++, HermiT, Pellet.

Среди решателей, базирующиеся на правилах, в свою очередь, выделяют подвиды в зависимости от используемого алгоритма: forward-chaining («прямые цепочки») и/или backward-chaining («обратные цепочки»). Решатели первого подвида основываются на исходных (уже известных) фактах, выводя из них новые. Подобные инструменты используются для выполнения конкретных запросов к имеющимся данным или получения особого, известного типа знаний. Решатели на основе «обратных цепочек» предназначаются для проверки заданного факта на соответствие исходным данным.

Большинство из существующих инструментальных средств – решателей предназначено для работы с онтологиями, представленными на языке OWL. Метод построения онтологий на основе УФО-моделей позволяет получить код в нотации RDF/XML языка RDF, который может быть преобразован в OWL-код. Это, в свою очередь, обеспечивает применение широкого круга инструментальных средств, в частности, предназначенных для работы с OWL решателей, для логического вывода на онтологиях, построенных на базе УФО-моделей.

Рассмотрим некоторые особенности инструментальных средств, предназначенных для осуществления вывода знаний на данных, представленных с помощью форматов OWL. Поскольку язык OWL основан на дескрипционных логиках, в литературе [Horrocks, 2007] приводится следующее соответствие понятий (см. таблицу).

Таблица  
Table

**Соответствие понятий в дескрипционных логиках и в языке OWL**  
**The accordance between concepts in descriptive logics and OWL language**

Понятие в дескрипционных логиках	Понятие в OWL
Концепт	Класс
Роль	Свойство
Индивид	Объект
База знаний	Онтология

Как следует из таблицы, в случае представления на языке OWL и осуществления операций логического вывода онтологию можно принимать за базу знаний. В такой базе знаний, согласно общим положениям дескрипционных логик, выделяют набор терминологических аксиом (TBox) и набор утверждений об индивидах (ABox). TBox содержит данные (аксиомы) следующих видов:

- Аксиома вложенности концептов - выражение вида  $C \subseteq D$ , где C и D – произвольные концепты.
- Аксиома эквивалентности концептов – выражение вида  $C \equiv D$ , где C и D – произвольные концепты.
- Аналогично, аксиомой вложенности ролей называется выражение вида  $R \subseteq S$ , где R и S – произвольные роли.
- Аксиомой эквивалентности ролей – выражение вида  $R \equiv S$ , где R и S – произвольные роли.

Немаловажным аспектом является поддержка существующими решателями логического вывода в области ABox, то есть вывода знаний об объектах (индивидах). Согласно обзору, приведенному в [Dentler, 2011], такой функционал реализован в инструментах FaCT++, HermiT, RP, TrOWL(REL).

Соответственно, при выборе существующего решателя для прикладных задач логического вывода на онтологиях необходимо учитывать ряд факторов:

- поддерживаемые алгоритмы;
- наличие поддержки решения задач логического вывода в области ABox;
- поддерживаемые дескрипционные логики;
- стоимость решения (бесплатное или коммерческое программное обеспечение);
- используемые и допустимые форматы данных;
- язык программирования, на котором реализован инструмент;
- возможности интеграции в собственное программное обеспечение.



Помимо этого, немаловажным критерием выбора инструментов логического вывода является возможность их модификации. В частности, лежащие в основе УФО-моделей, на базе которых строятся онтологии в предложенном методе, принципы и положения УФО-подхода, а также возможность применения указанного метода для построения онтологий в самых разнообразных предметных областях, обуславливают необходимость дополнительной настройки таких инструментов. Такая настройка заключается в задании дополнительных правил (алгоритмов) логического вывода, учитывающих особенности предметной области и принципы УФО-подхода. Поэтому в прикладных информационных системах требуется использование либо известных существующих, но модифицированных и дополненных инструментов логического вывода, либо собственных, разработанных с учетом указанных особенностей решателей.

С использованием существующих механизмов и инструментария логический вывод на онтологиях, построенных путем специальных преобразований УФО-моделей предметных областей, позволяет решить ряд существенных проблем, присущих эвристической обработке моделей предметных областей. В частности, такой механизм обработки и извлечения знаний из УФО-моделей обладает следующими преимуществами:

1. Отсутствие необходимости ручного формирования исходной базы знаний.

УФО-модели предметной области благодаря простоте УФО-подхода и удобству программных средств, поддерживающих его принципы при моделировании, могут быть построены как отдельным (внешним по отношению к моделируемой среде) специалистом-аналитиком, так и непосредственным экспертом в рассматриваемой области. В любом случае, получаемая в результате УФО-анализа модель предметной области уже содержит в себе знания и представления эксперта о данной предметной области. Поскольку логический вывод производится на онтологии, построенной путем строго определенных преобразований формального представления исходной УФО-модели, такая модель и является исходной базой знаний. В таком случае пропадает необходимость в отдельных процессах формирования первоначальной базы знаний, что позволяет сэкономить время и усилия экспертов.

2. Гибкость и масштабируемость базы знаний

Актуализация имеющихся данных о предметной области может быть выполнена в виде внесения изменений в исходную УФО-модель. При этом внесенные изменения транслируются в создаваемую на основе УФО-модели онтологию, по которой и осуществляется логический вывод необходимых знаний. Соответственно, подобная конструкция обладает простотой модификации и широкими возможностями дополнения исходных данных.

3. Приспособленность для решения сложных задач анализа моделей предметных областей

В случае анализа сложных предметных областей итоговые УФО-модели могут быть достаточно громоздкими и трудными для восприятия человеком. Зачастую визуальный анализ сложной графоаналитической модели не позволяет быстро и корректно получить необходимые сведения, содержащиеся в такой модели или выводимые на ее основе. Построение на базе УФО-модели онтологии и осуществление логического вывода на ее основе позволяют автоматизировать и существенно упростить анализ сложных объемных моделей предметных областей.

### Примеры решения задач логического вывода на УФО-моделях

Рассмотрим способы решения основных видов задач логического вывода на онтологиях, построенных на базе визуальных графоаналитических УФО-моделях предметных областей. Как отмечалось ранее, задачи логического вывода на онтологиях, построенных на основе УФО-моделей, можно условно сгруппировать в соответствии с классификацией.

Часть задач, приведенных в классификации, предлагается решать с помощью специализированного языка запросов SPARQL к формальному представлению онтологии. Язык SPARQL для поиска необходимых триплетов позволяет сформировать запрос, синтаксис которого близок к синтаксису языка SQL.

Так, например, типичным случаем, требующим применения языка SPARQL, является поиск информации об объекте, занимающем заданный узел. Подобную задачу можно представить следующим образом: в коде онтологии на языке RDF требуется найти триплеты вида: «Объект занимает узел», где в качестве объекта выступает конкретный узел исходной УФО-модели. Применительно к описанной задаче поиска объекта, занимающего конкретный узел исходной УФО-модели, строится SPARQL-запрос вида:

```
PREFIX ufo: < http://www.ufo-toolkit.ru/>
SELECT ?o
WHERE
{
  ?o ufo:represents ?u.
}
```

В результате выполнения такого запроса формируется список субъектов предикатов, удовлетворяющих заданному в теле условия запроса «шаблону». Полученные концепты и являются искомыми объектами, занимающими заданный узел УФО-элемента.

Более сложные задачи логического вывода требуют применения гибких инструментов, позволяющих использовать сложные правила (алгоритмы), в том числе специализированные, задаваемые пользователем или включенные в онтологию. В частности, таким инструментом является язык правил семантического веба SWRL (Semantic Web Rule Language). Правила, написанные на SWRL, состоят из консеквента и антецедента, то есть заголовка и тела соответственно. Консеквент является истинным тогда, когда антецедент пуст или все его составляющие истинны. Рассмотрим ряд практических задач, которые могут быть решены с помощью языка правил вывода SWRL, который применяется к формальному представлению онтологии на языке OWL или синтаксически совместимых нотаций языка RDF. Для обеспечения простоты восприятия человеком используем так называемый «человекочитаемый» синтаксис языка SWRL (Human Readable Syntax), который позволяет представлять SWRL-правила в виде: антецедент (тело, условие)⇒консеквент (заголовок, следствие).

— Включение в онтологию фактов вида «Функция преобразует вход...».

В данном случае для получения факта требуется его логический вывод на основе имеющихся данных. В частности, используются сведения о балансировании функцией определенного узла, а также о наличии у узла конкретной входящей связи. Поскольку первый факт может быть включен в онтологию в одном из двух видов («Функция балансирует узел» или «Узел балансируется функцией»), необходимо использовать два SWRL-правила, представленных ниже:

$$\begin{aligned} & \text{balances}(? f, ? u) \wedge \text{hasInput Relation}(? u, ? Li) \Rightarrow \text{translateInput}(? f, ? Li), \\ & \text{isBalancedBy}(? u, ? f) \wedge \text{hasInput Relation}(? u, ? Li) \Rightarrow \text{translateInput}(? f, ? Li). \end{aligned}$$

— Включение в онтологию фактов вида «Функция выдает выход...».

Данная задача аналогична описанной ранее, с тем отличием, что во второй части правила используются факты наличия у узла исходящей связи. SWRL-правила для вывода факта «Функция выдает выход...» показаны ниже.

$$\begin{aligned} & \text{balances}(? f, ? u) \wedge \text{hasOutput Relation}(? u, ? Lj) \Rightarrow \text{giveOutput}(? f, ? Lj), \\ & \text{isBalancedBy}(? u, ? f) \wedge \text{hasOutput Relation}(? u, ? Lj) \Rightarrow \text{giveOutput}(? f, ? Lj). \end{aligned}$$

— Включение в онтологию фактов вида «Объект занимает узел».

В XML-представлении УФО-моделей, формируемом наиболее распространенным программным продуктом для моделирования предметных областей с использованием средств УФО-подхода «UFO Toolkit», наличие объекта как составляющей УФО-элемента описывается в виде «дочерней» по отношению к Функции характеристикой (вложенным XML-узлом). Поэтому при автоматизации преобразования УФО-модели в конструкции языка описания онтологий факт вида «Объект занимает Узел» может выводиться из других, ранее сформированных триплетов онтологии, характеризующих Узел и Функцию. Так, для вывода факта об отношении Объекта и Узла требуется иметь в онтологии факт балансирования Функцией данного Узла и факт реализации Объектом данной Функции. С учетом возможных вариаций записи указанных фактов получим четыре SWRL-правила для вывода описанного факта:

$$\begin{aligned} & \text{realizes}(? o, ? f) \wedge \text{balances}(? f, ? u) \Rightarrow \text{represents}(? o, ? u), \\ & \text{realizes}(? o, ? f) \wedge \text{isBalancedBy}(? u, ? f) \Rightarrow \text{represents}(? o, ? u), \\ & \text{isRealizedBy}(? f, ? o) \wedge \text{balances}(? f, ? u) \Rightarrow \text{represents}(? o, ? u), \\ & \text{isRealizedBy}(? f, ? o) \wedge \text{isBalancedBy}(? u, ? f) \Rightarrow \text{represents}(? o, ? u). \end{aligned}$$

— Учет нескольких уровней декомпозиции (УФО-элемент является частью другого элемента на несколько уровней выше).

В случае, когда сведения о том, что УФО-элемент является частью декомпозиции другого УФО-элемента, находящегося более чем на одном уровне выше, необходимо включить непосредственно в состав онтологии, применяется SWRL-правило вида:

$$\text{isPartOf}(? u_i^{n-2}, ? u_j^{n-1}) \wedge \text{isPartOf}(? u_j^{n-1}, ? u^n) \Rightarrow \text{isPartOf}(? u_i^{n-2}, ? u^n).$$

— Определение узлов, имеющих сходные порты с заданным.

Такая задача решается с помощью циклической обработки каждого факта наличия входящего или исходящего порта у первого сравниваемого узла. В ходе такой проверки используются правила (для входящих и исходящих портов соответственно):

$$\begin{aligned} & \text{hasInputPort}(? u1, ? L_i) \wedge \text{hasInputPort}(? u2, ? L_i) \Rightarrow \text{hasSamePort}(? u1, ? u2), \\ & \text{hasOutputPort}(? u1, ? L_i) \wedge \text{hasOutputPort}(? u2, ? L_i) \Rightarrow \text{hasSamePort}(? u1, ? u2). \end{aligned}$$

Для поиска узлов, один из которых имеет входящий, а другой – исходящий порт одного типа, применяется следующая SWRL-конструкция:

$$hasInputPort(?u1, ?L_i) \wedge hasOutputPort(?u2, ?L_i) \Rightarrow hasSamePort(?u1, ?u2),$$

$$hasOutputPort(?u1, ?L_i) \wedge hasInputPort(?u2, ?L_i) \Rightarrow hasSamePort(?u1, ?u2).$$

SWRL-правила обеспечивают возможность гибкой настройки логического вывода новых сведений о предметной области на основе уже имеющихся фактов (триплетов). Приведенный перечень практических задач не является исчерпывающим и может быть расширен для каждого конкретного случая. Следовательно, эксперты в процессе развития онтологии предметной области могут дополнять ее новыми фактами, включая их непосредственно в само описание онтологии на формальном языке, что обеспечивает легкость масштабирования и возможность оперативного дополнения онтологий необходимыми «стандартными» знаниями.

Описанные средства могут применяться как по отдельности, так и комплексно. Примером второго варианта может служить логический вывод на знаниях, содержащихся в УФО-модели настройки сложного программного продукта. Данный продукт представляет собой специализированную платформу, предоставляющую инструменты для быстрого создания прикладных web-приложений с учетом специфики предметной области. Специалисты, осуществляющие разработку приложений с помощью данной платформы, сталкиваются с большим объемом слабоструктурированной и, зачастую, практически не задокументированной информации о практическом опыте использования платформы, полезных советах, порядке работы и используемых инструментах платформы. Для упрощения поиска, а иногда и вывода необходимых знаний используется визуальная графоаналитическая УФО-модель, фрагмент которой показан на рис. 1.

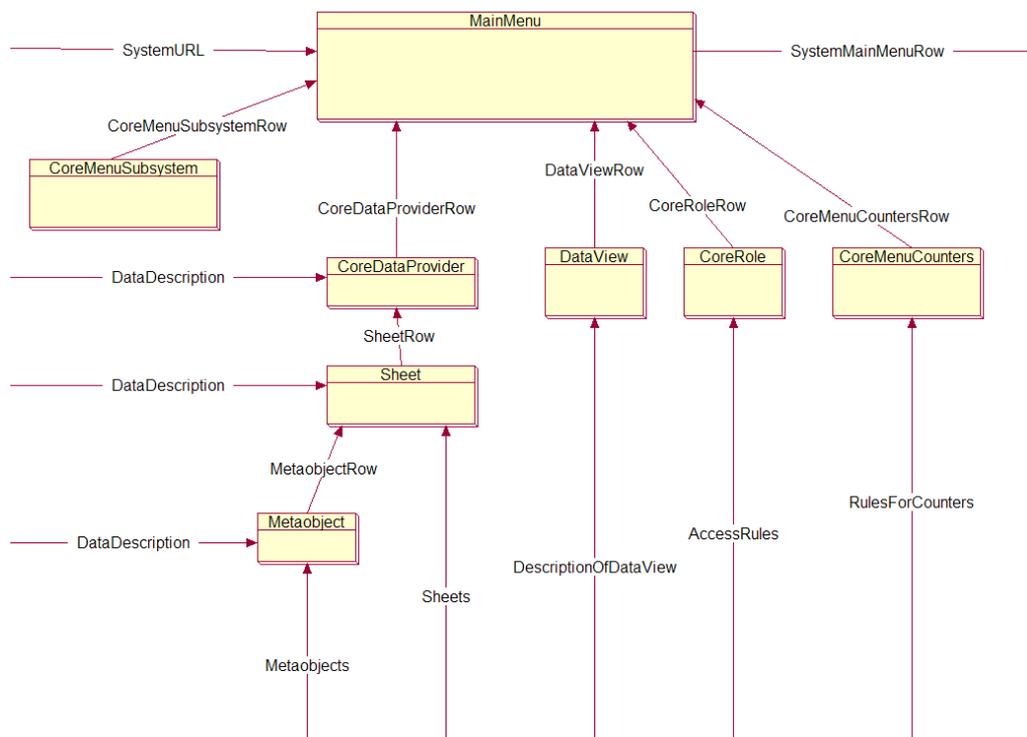


Рис. 1. Фрагмент УФО-модели создания web-приложения средствами специализированной платформы  
Fig. 1. Fragment of the UFO model about web application creating within special platform

Зачастую при создании и настройке нового приложения специалисту требуется перечень объектов системы, которые необходимо настроить для реализации желаемого функционала (или перечень объектов, которых коснутся вносимые изменения). Ручной поиск ответа на данный вопрос представляет собой поочередный просмотр настроек ряда потенциально связанных объектов системы и поиск в них информации о значимой в данном контексте связи с другими объектами. Такая процедура требует длительного времени и внимания со стороны специалиста. В то же время к разработанной УФО-модели может быть применен метод преобразования в формализованное описание онтологии на языке RDF, что позволит использовать комплекс инструментов логического вывода на онтологиях. В частности, для решения описанной задачи предполагается выполнение ряда SPARQL-запросов, а также использование SWRL-правил, описанных выше, в комплексе представляющих собой следующий алгоритм (рис. 2).

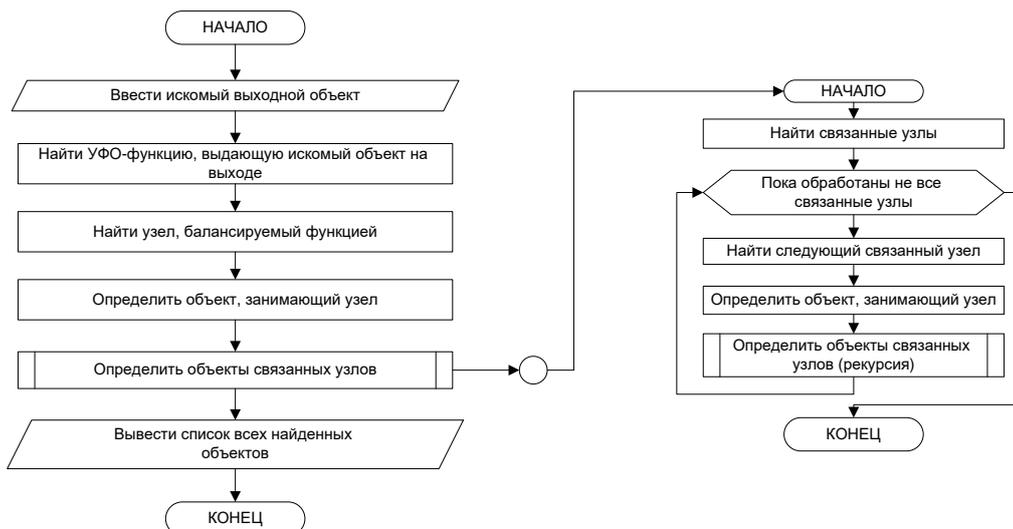


Рис. 2. Блок-схема алгоритма поиска объектов платформы, используемых при реализации функциональной возможности приложения  
 Fig. 2. The block diagram of the algorithm for searching platform objects, which are used for application feature realization

### Заключение

Таким образом, метод построения онтологий с использованием в качестве источника знаний о предметной области визуальных графоаналитических системно-объектных моделей позволяет также решать задачи логического вывода на подобных моделях. В частности, преобразование УФО-модели в формализованное представление онтологии позволяет применить к полученному описанию существующие методы и инструменты логического вывода на онтологиях, такие как язык запросов SPARQL и язык правил SWRL. Данные средства, а также поддерживающие их программные средства могут успешно применяться для решения прикладных задач логического вывода на УФО-моделях, что подтверждают приведенные примеры решения задач обработки и вывода знаний на основе визуальной графоаналитической модели настройки сложного специализированного программного продукта.

### Список литературы References

Жихарев А.Г. 2013. Формализованное графоаналитическое представление организационных знаний. Автореферат дис. ... кандидата технических наук. Белгород, 22 с.  
 Ziharev A.G. 2013. Formalizovannoe grafoanaliticheskoe predstavlenie organizacionnyh znaniy. Abstract. dis...cand.tech.sciences. Belgorod, 22. (in Russian)  
 Кондратенко А.А., Маторин С.И. 2016. Построение онтологий на основе моделей «Узел-Функция-Объект». Искусственный интеллект и принятие решений. (1): 47-56.  
 Kondratenko A.A., Matorin S.I. 2016. Postroenie ontologij na osnove modelej «Uzel-Funkcija-Ob'ekt». Iskusstvennyj intellekt i prinjatje reshenij. (vol.1): 47-56. (in Russian)  
 Кондратенко А.А., Маторин С.И. 2016. Формальные аспекты взаимосвязи УФО-подхода и языка представления онтологий RDF. Научные ведомости БелГУ. Серия Экономика. Информатика. 2 (223) 2016, Выпуск 37: 119-127.  
 Kondratenko A.A., Matorin S.I. 2016. Formal'nye aspekty vzaimosvjazi UFO-podhoda i jazyka predstavlenija ontologij RDF. Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies]. 2 (223) 2016, vol. 37: 119-127. (in Russian)  
 Слободюк А.А., Маторин С.И., Четвериков С.Н. 2013. О подходе к созданию онтологий на основе системно-объектных моделей предметной области. Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика. 22 (165) 2013, Выпуск 28/1: 186-195.  
 Slobodyuk A.A., Matorin S.I., Chetverikov S.N. 2013. About approach for building ontologies based on UFO domain models. Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]. 22 (165) 2013, vol. 28/1: 186-195. (in Russian)  
 Слободюк, А.А. 2014. Расширенная классификация фактов, извлекаемых из УФО-модели в целях построения онтологии предметной области. В кн.: Шестая международная научно-техническая конференция «Инфокоммуникационные технологии в науке, производстве и образовании» (Инфоком-6): сборник научных



трудов, Ставрополь, 21-27 апреля 2014 г.: часть II. Ставрополь, Северо-Кавказский федеральный университет: 404-406.

Slobodyuk A.A. 2014. Detailed classification of facts which are extracted from UFO domain model for building ontology. In: VI mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija «Infokommunikacionnye tehnologii v nauke, proizvodstve i obrazovanii» (Infokom-6): sbornik nauchnyh trudov, Stavropol', 21-27 of April 2014: p. II. Stavropol', Severo-Kavkazskij federal'nyj universitet: 404-406. (in Russian)

Abburu Sunitha. 2012. A Survey on Ontology Reasoners and Comparison. International Journal of Computer Applications. 57(17): 33-39.

Dentler Kathrin, Cornet Ronald, ten Teije Annette, de Keizer Nicolette. 2011. Comparison of Reasoners for Large Ontologies in the OWL 2 EL Profile. Semantic Web Journal. (2011): 1-5.

Horrocks Ian, Patel-Schneider Peter F., McGuinness Deborah L., Welty Christopher A. 2007. OWL: a Description Logic Based Ontology Language for the Semantic Web. In: Franz Baader, Diego Calvanese, Deborah McGuinness, Daniele Nardi, and Peter F. Patel-Schneider, editors, The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications (2nd Edition). Cambridge, Cambridge University Press: 14.

SPARQL 1.1 Overview. W3C Recommendation Recommendation 21 March 2013. Available at: <https://www.w3.org/TR/sparql11-overview/> (accessed 11 April 2016).

УДК 519.711.3

**ПОЛУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ  
СЫРЬЕВОГО ШЛАМА ПОД ВИБРАЦИОННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ****OBTAINING PROPERTY MANAGEMENT MODELS IN TRAFFIC UNDER RAW  
SLURRY VIBRATION EXPOSURE****С.В. Андрущак, П.В. Беседин  
S.V. Andruschak, P.V. Besedin***Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,  
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46**Belgorod state technological university after V.G. Shukhov, 56 Kostikova St, Belgorod, 308012, Russia**e-mail: pvbеседин@yandex.ru, sg-bel@mail.ru*

*Аннотация.* В настоящее время важным направлением исследований является разработка методов энергосбережения для цементной промышленности. Методы интенсификации транспортировки шлама на основе механического воздействия эффективно влияют на увеличение подвижности и улучшение реологических свойств цементных шламов. Однако данные воздействия имеют дрейфующие экстремальные зависимости, для исследования которых была разработана математическая модель в виде нелинейной динамической системы, включающей модель исполнительного механизма, экстремальной статической характеристики, а также измерительного устройства. Полученную модель можно применить для проектирования адаптивной системы управления при наличии дрейфа экстремальной статической характеристики, например, в случае изменения влажности шлама.

*Resume.* Currently, an important area of research is the development of energy-saving techniques for the cement industry. Methods of intensification of transporting sludge through mechanical action effectively influence increase mobility and improve the rheological properties of cement slurries. However, these effects are drifting extreme dependence, for which the study was developed a mathematical model in the form of a nonlinear dynamical system, which includes a model of the actuator, an extreme static characteristics, as well as a measuring device. The resulting model can be applied for designing adaptive in the presence of extreme static characteristic drift control system napimer, in case of change of sludge moisture.

*Ключевые слова:* цементный шлам, вибрация, объект управления, экстремальная модель.

*Keywords:* cement residue, a vibration control object, an extreme model.

**Введение**

Снижение влажности шлама является существенным резервом повышения производительности вращающихся печей и снижения расхода топлива. Однако, при снижении влажности шлама необходимо сохранить его подвижность на прежнем уровне [Беседин и др., 2011]. Для достижения данного результата существует множество различных факторов, влияющих на структурно-механические свойства шламов, одним из которых является вибрационное воздействие. В результате экспериментальных исследований [Беседин и др., 2015] было установлено, что вибрационное воздействие позволяет снизить влажность транспортируемых шламов на 5...9% при воздействии в диапазоне частот от 10 до 35 Гц, т.е. данная зависимость вязкости шлама имеет экстремальный характер (рис. 3). При этом заранее неизвестно точное оптимальное значение частоты, так как цементные заводы имеют сырьевые материалы различной минералогической природы, а также это значение может «сместиться» на конкретном цементном заводе из-за изменений реологических свойств шламов.

Для решения данной задачи рассмотрим участок шламового питателя (рис. 1), на котором шлам из шламового бассейна 1 поступает во всасывающий патрубок 2 центробежного шламового насоса 3, при этом вибратор 4 целесообразно установить на соответствующий всасывающий патрубок, так как такая компоновка позволяет снизить сопротивление движению жидкости к шламовому насосу и повысить его производительность [Беседин и др., 2015].

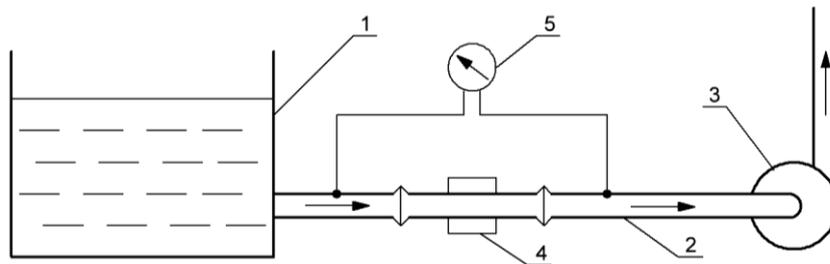


Рис. 1. Схема установки вибратора в шламовый питатель  
Fig. 1. The scheme of installation of the vibrator in a slurry feeder

Снижение сопротивления движению жидкости приводит к изменению разрежения на всасывающем патрубке. В этой связи, необходимо измерять перепад давления на упомянутом участке при помощи дифференциального манометра 5 для контроля вибрационного воздействия.

**Целью исследования** является разработка математической модели объекта управления, включающей экстремальную статическую характеристику при движении сырьевого шлама под вибрационным воздействием, а также модель исполнительного механизма и измерительного устройства. В общем случае рассматриваемый объект экстремального управления можно представить в виде нелинейной динамической системы, структуру которой можно изобразить в виде, показанном на рис. 2 [Рубанов, Бушуев, 2012].

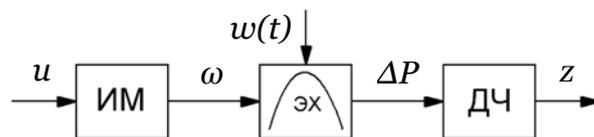


Рис. 2 Структура объекта экстремального управления  
Fig. 2. The structure of the object of extreme control

На вход исполнительного механизма (ИМ) поступает управляющее воздействие, которое передается на объект управления, представленный в виде нелинейной экстремальной статической характеристики (ЭХ), которая при дрейфе является также функцией времени [Казакевич, Родов, 1977]. Измерительное устройство представлено датчиком (ДЧ).

В общем случае вязкость шлама  $\eta$  будет зависеть от частоты вибрации  $\omega$ , влажности шлама  $w$ , плотности шлама  $\rho$  и его химического состава  $X$ :

$$\eta = f(\omega, w, \rho, X). \quad (1)$$

Однако, если рассматривать решение задачи регулирования для конкретного цементного завода, то с некоторым допущением можно утверждать, что физико-химические свойства перекачиваемого шлама будут постоянными. Кроме того, влажность и плотность шлама взаимосвязаны между собой некоторой характеристикой, в этой связи для оценки вязкости шлама, достаточно учитывать только влажность сырьевой смеси  $w(t)$ , которая может вносить дрейф экстремума статической характеристики [Александров, 1989].

В итоге уравнение для вязкости шлама имеет вид:

$$\mu = f(\omega, w), \quad (2)$$

где  $\omega(t)$  - частота вибрации вибратора,  $w(t)$  – влажность шлама, которая зависит от времени, так как в процессе подачи сырьевой смеси возможно ее изменение.

### Перевод объемного расхода шлама в перепад давления

Измерение вязкости шлама на участке трубопровода с вибрирующим устройством обладает технической сложностью, поэтому для реального объекта предлагается измерять перепад давления  $\Delta P$  на этом участке.

В результате экспериментальных исследований были получены зависимости объемного расхода шлама от частоты вибрации (рис. 3). Для реального объекта управления осуществляется измерение перепада давления на всасывающем патрубке шлампососа, в этой связи необходимо установить аналитическую зависимость между частотой вибрации вибрирующего органа и перепадом давления на всасывающем патрубке.

Потеря напора в трубопроводе в общем случае зависит от сопротивления трения и местных сопротивлений [Касаткин, 1971].

$$h_n = h_{mp} + h_{м.с.}, \quad (3)$$

где  $h_{mp}$  – потеря напора вследствие трения,  $h_{м.с.}$  – потеря напора вследствие местных сопротивлений. Сопротивление трения существует при движении жидкости по всей длине трубопровода, на величину которого оказывает влияние режим течения жидкости: ламинарный или турбулентный. В рассматриваемой задаче на трубопровод воздействуют механическими колебаниями, в результате чего происходят поперечные перемещения частиц жидкости, и как следствие поток жидкости будет турбулентным.

Местные сопротивления возникают при изменениях скорости потока по величине или направлению, к числу которых относятся внезапные сужения и расширения труб, отводы, колена и т.д. На участке измерения перепада давления перечисленных сопротивлений не наблюдается, поэтому слагаемым  $h_{м.с.}$  можно пренебречь.

Для ламинарного движения по прямой трубе потери напора на трение  $h_{mp}$  можно определить на основании уравнения Пуазейля [Романков, Курочкина, 1982]:

$$V = \frac{\pi d^4 \Delta P}{128 \mu l}, \quad (4)$$

где  $\mu$  – вязкость жидкости,  $l$  – длина круглой прямой трубы,  $d$  – диаметр трубы,  $\Delta P$  – перепад давления на участке трубы.

Согласно уравнению Бернулли для горизонтального трубопровода постоянного сечения напор, теряемый на трение:

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{\Delta P}{\rho g} = h_{mp}, \quad (5)$$

где  $\rho$  – плотность жидкости,  $g$  – ускорение свободного падения.

При подстановке  $\Delta P = \rho g h_{mp}$  в уравнение (4) и замене объемного расхода произведением средней скорости потока  $\omega$  на площадь поперечного сечения трубы  $\pi d^2/4$  получим:

$$\omega \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi d^4 \rho g h_{mp}}{128 \mu l}. \quad (6)$$

Отсюда находим потерю напора:

$$h_{mp} = \frac{32 \omega l \mu}{\rho g d^2}. \quad (7)$$

Умножая числитель и знаменатель правой части на  $2\omega$  и группируя величины, получим:

$$h_{mp} = \frac{64 \mu}{\omega d \rho} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g} = \frac{64}{Re} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g}. \quad (8)$$

Таким образом, потерянный напор на трение  $h_{mp}$  при ламинарном движении жидкости по круглой прямой трубе можно определить:

$$h_{mp} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g}, \quad (9)$$

где  $\lambda = 64/Re$  – коэффициент гидравлического трения для ламинарного потока.

Для перепада давления  $\Delta P_{mp}$  (с учетом  $\Delta P = \rho g h_{mp}$ ):

$$\Delta P_{mp} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2}. \quad (10)$$

Уравнение (10), в первом приближении, может быть использовано для определения перепада давления при турбулентном движении жидкости. После обобщения результатов экспериментов методом теории подобия была получена зависимость коэффициента  $\lambda$  для турбулентного потока [7]:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}, \text{ где } Re = \frac{\omega d \rho}{\mu}. \quad (11)$$

### Математическое моделирование исполнительного механизма и измерительных устройств

Исполнительный механизм и измерительные устройства отражают инерционные свойства объекта экстремального управления. В рассматриваемой задаче исполнительным механизмом является вибратор, включающий асинхронный электродвигатель с вибрационным наконечником, а



также частотный преобразователь, который не вносит существенной динамики в структуру объекта и рассматриваться не будет.

Уравнение движения трехфазного асинхронного электродвигателя при нулевых начальных условиях, а с учетом только электромеханических переходных процессов [Невраев, Петелин, 1964], можно записать в виде:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_D - M_C, \quad (12)$$

где  $J$  – момент инерции, приведенный к валу двигателя,  $\omega$  – угловая скорость двигателя;  $M_D$  – вращающий момент двигателя,  $M_C$  – момент сопротивления на валу двигателя.

В инженерной практике широко используется запись уравнения движения в виде:

$$\frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} = M_D - M_C, \quad (13)$$

где  $GD^2$  – маховой момент, приведенный к валу двигателя,  $n$  – скорость вращения двигателя.

Скорость асинхронного двигателя связана со скольжением  $s$ :

$$\omega = \omega_c(1 - s) \quad \text{или} \quad n = n_c(1 - s). \quad (14)$$

Тогда уравнения асинхронного электродвигателя примут вид:

$$-J\omega_c \frac{ds}{dt} = M_D - M_C; \quad (15)$$

$$-\frac{GD^2 n_c}{375} \frac{ds}{dt} = M_D - M_C. \quad (16)$$

Изменение вращающего момента двигателя  $M_D$  зависит от изменений управляющего параметра  $y$  и скорости вращения  $\omega$ . Момент сопротивления на валу двигателя  $M_C$  зависит от скорости. Таким образом, движение асинхронного двигателя в общем случае описывается нелинейным дифференциальным уравнением вида:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_D(y, \omega) - M_C(\omega). \quad (17)$$

В установившемся режиме отклонения координат равны нулю и уравнение статики примет вид:

$$M_{D0} - M_{C0} = 0. \quad (18)$$

Подставляя уравнение (18) в (17), получим уравнение асинхронно электродвигателя в отклонениях:

$$(T_D p + 1)\Delta\omega = k_D \Delta y, \quad \text{где} \quad p = \frac{d}{dt}; \quad (19)$$

Постоянная времени двигателя:

$$T_D = \frac{J}{\left( \frac{\partial M_C}{\partial \omega} - \frac{\partial M_D}{\partial \omega} \right)_{\substack{y=y_0 \\ \omega=\omega_0}}}. \quad (20)$$

Коэффициент усиления двигателя:

$$k_D = \frac{\left( \frac{\partial M_D}{\partial y} \right)_{\substack{y=y_0 \\ \omega=\omega_0}}}{\left( \frac{\partial M_C}{\partial \omega} - \frac{\partial M_D}{\partial \omega} \right)_{\substack{y=y_0 \\ \omega=\omega_0}}}. \quad (21)$$

Передаточная функция асинхронного электродвигателя примет вид:

$$W_D(p) = \frac{\Delta\omega}{\Delta y} = \frac{k_D}{T_D p + 1}. \quad (22)$$

При этих условиях, если выходной координатой асинхронного двигателя является скорость вращения  $n$ , то значения постоянной времени и коэффициента усиления определяются следующим образом:

$$T_D = \frac{GD^2 s_H n_C}{375 M_H}, \tag{23}$$

$$k_D = \frac{(1 - s_H) k_C n_C}{M_H}. \tag{24}$$

### Получение экстремальной статической характеристики перепада давления от частоты вибрации

Для построения статической экстремальной характеристики (ЭХ) будем использовать экспериментальные зависимости расхода шлама (табл. 1) при истечении сырьевой смеси Балаклейского цементного завода от частоты вибрационного воздействия с рабочим органом поршневого типа через патрубок постоянного сечения 15 мм.

Таблица 1  
Table 1

Исходные данные зависимостей объемного расхода шлама от частоты вибрации  
Baseline volume of slurry flow dependency from the vibration frequency

№	$w = 37,1\%$		$w = 38,1\%$		$w = 41,6\%$	
	$\omega_1$	$V_1$	$\omega_2$	$V_2$	$\omega_3$	$V_3$
1	3	0,25	3	0,7625	3	1,2375
2	7	0,33	6	0,95	6	1,425
3	11	0,4	9,5	1,1	9,5	1,675
4	16	0,46	14	1,1875	14	1,8375
5	21	0,49	19,5	1,2625	19,5	1,9375
6	26	0,46	24	1,2375	24	1,9125
7	31	0,39	31,5	1,1375	31,5	1,8625
8	40	0,38	40	0,95	40	1,675
9	49	0,24	49	0,65	49	1,4125

Аппроксимируем данные с помощью функции Matlab *polyfit*( $\omega, V, n$ ), которая находит коэффициенты полинома степени  $n$  и аппроксимирует функцию  $V(x)$  в смысле метода наименьших квадратов [Беседин и др., 2015]:

$$V(\omega) = a_n \omega^n + \dots + a_3 \omega^3 + a_2 \omega^2 + a_1 \omega + a_0, \tag{25}$$

где  $\omega$  – частота вибрации, Гц;  $a$  – коэффициенты аппроксимирующего полинома;  $V$  – объемный расход шлама, л/мин.

На рис. 3 приведена графическая иллюстрация, на которой точками обозначены экспериментальные данные согласно табл. 1.

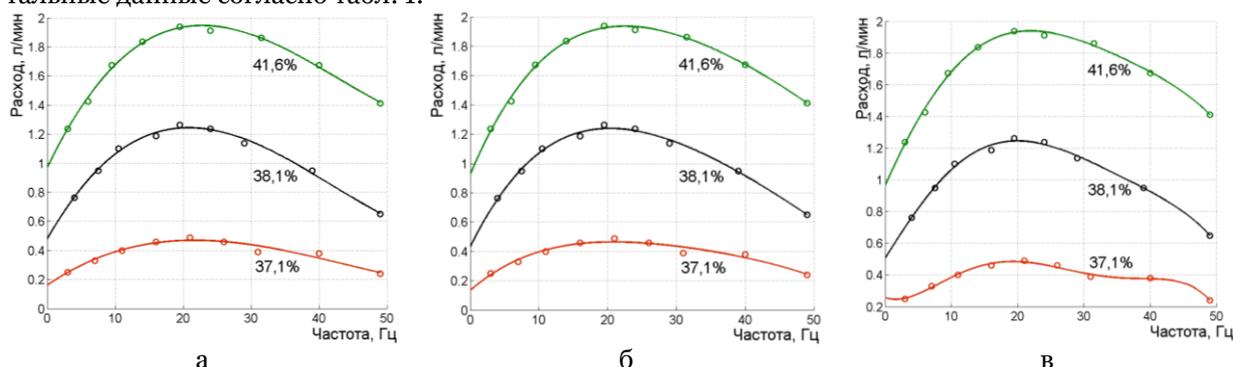


Рис. 3. Графическая иллюстрация аппроксимации данных полиномами для трех значений влажности: а – 3 степени, б – 4 степени, в – 5 степени

Fig. 3. Graphic illustration of the data polynomial approximation for the three humidity values: and - 3 degrees, b - 4 degree to - 5 degrees

Для оценки точности аппроксимации экспериментальных данных рассчитаем среднеквадратические погрешности для каждого полинома:

$$\sigma = \sum_{i=1}^n (V_i - V(\omega_i))^2, \tag{26}$$

Таблица 2  
Table 2

**Оценка среднеквадратической погрешности для каждого полинома**  
**Estimation of the mean square error for each polynomial**

Степень полинома	$w = 37,1\%$	$w = 38,1\%$	$w = 41,6\%$
3	0,0035	0,0028	0,0029
4	0,0032	0,0024	0,0022
5	0,0007	0,0020	0,0019

Анализируя табл. 2 можно утверждать, что минимальная ошибка аппроксимации достигается для полинома 5 степени, однако, форма получившейся кривой для влажности 37,1% (рис. 2 б) имеет несколько точек перегиба. Поэтому выберем 4 порядок аппроксимирующего полинома, так как он наиболее точно описывает экспериментальные зависимости.

В итоге, аппроксимирующие полиномы имеют вид:

$$\begin{cases} V_1 = 0,0000001 \omega^4 - 0,0000105 \omega^3 - 0,0000893 \omega^2 + 0,0165721 \omega + 0,2053385; \\ V_2 = -0,0000003 \omega^4 + 0,0000514 \omega^3 - 0,0036931 \omega^2 + 0,0963513 \omega + 0,4262834; \\ V_3 = -0,0000004 \omega^4 + 0,0000658 \omega^3 - 0,0043459 \omega^2 + 0,1144684 \omega + 0,9187435; \end{cases} \quad (27)$$

где  $V_1$  полином для зависимости объемного расхода от частоты вибрации с влажностью 37,1%;  $V_2$  для 38,1%; и  $V_3$  для 41,6%, соответственно.

Далее рассмотрим реализацию модели экстремальной статической характеристики в среде Matlab Simulink (рис. 4) на основе приведенных зависимостей [Черных, 2003]. В данной модели входными величинами являются частота вибрации (frequency), Гц и влажность шлама (humidity),%, а выходной перепад давления на участке трубопровода с вибратором (pressure), Па. В блоках (Extreme w) заложены аппроксимированные экспериментальные характеристики, приведенные в табл. 1. Дрейф экстремума осуществляется изменением влажности шлама. С помощью блоков (Prelookup) и (Interpolation Using Prelookup) реализована линейная интерполяция для расчета перепада давления при промежуточных значениях влажности.

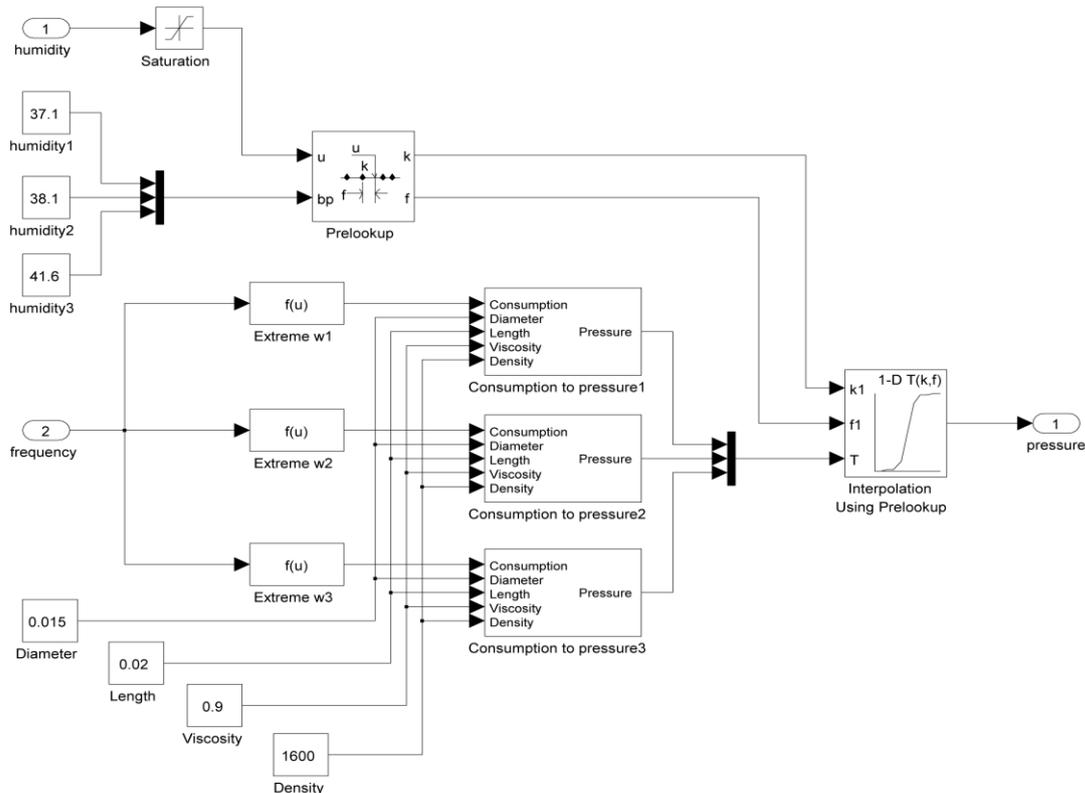


Рис. 4. Модель статической характеристики для зависимости перепада давления от частоты вибрации и влажности шлама в среде Matlab Simulink

Fig. 4. The static model for pressure drop characteristics depending on the frequency of vibration and moisture in the slurry medium Matlab Simulink

После выполнения моделирования при входных параметрах частоты вибрации от 0 до 50 Гц и влажности шлама от 37,1 до 41,6% представим выходные данные давления в виде трехмерной поверхности (рис. 5).

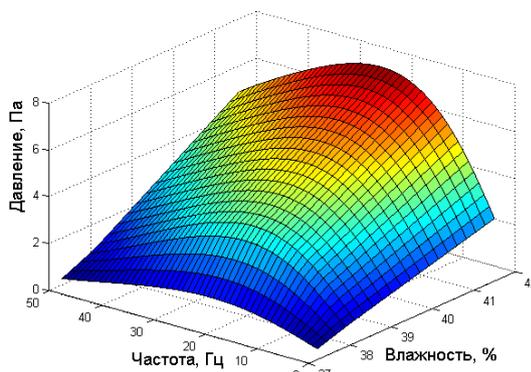


Рис. 5. Экстремальная зависимость перепада давления от частоты вибрации и влажности шлама  
Fig. 5. Extreme dependence of the pressure drop on the frequency of vibration and moisture sludge

### Получение модели движения сырьевого шлама и построение графика переходного процесса

Далее получим математическую модель (рис. 6) исполнительного механизма, основным элементом которой является трехфазный асинхронный электродвигатель 5АИ 56 А2 ИМ со следующими техническими характеристиками (Engine): скорость вращения  $n = 2700$  об/мин; число пар полюсов  $p = 1$ ; мощность  $P = 0,18$  кВт; напряжение питания  $U = 380$  В; частота сети переменного тока  $f = 50$  Гц. Вращающий момент при номинальном режиме работы:

$$M_H = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 975 \cdot \frac{0,18}{2700} = 0,065 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (28)$$

Скорость циклического изменения магнитного потока статора, а именно синхронная скорость двигателя:

$$n_c = 60 \cdot \frac{f}{p} = 60 \cdot \frac{50}{1} = 3000 \text{ об/мин}. \quad (29)$$

Скольжение электродвигателя имеет значение:

$$s_n = \frac{n_c - n}{n_c} = \frac{3000 - 2700}{3000} = 0,1. \quad (30)$$

Значение коэффициента чувствительности двигателя по моменту к изменению частоты питающего напряжения приближено вычисляется по формуле:

$$k_{\omega} = \left( \frac{\partial M_D}{\partial f} \right)_0 \approx \frac{M_H}{f} = \frac{0,065}{50} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{Гц}. \quad (31)$$

Маховой момент нагрузки (вибронаконечник) составляет  $GD = 0,055$  Н·м.

В итоге, значение постоянной времени и коэффициент усиления двигателя вычисляются в соответствии с выражениями (23) и (24):

$$T_D = \frac{(1 - 0,1) \cdot 0,055^2 \cdot 3000}{375 \cdot 0,065} = 0,335 \text{ с};$$

$$k_D = \frac{(1 - 0,1) \cdot 0,17 \cdot 10^{-3} \cdot 3000}{0,065} = 54.$$

Передающее звено вибронаконечника (Vibrator) можно представить в виде усилителя с единичным коэффициентом, так как он не вносит инерционности в динамику системы, а частота вращения двигателя является частотой вибрации вибратора.

Передающая функция датчика обратной связи (индукционного дифференциального манометра) имеет вид:

$$W_M(s) = \frac{k_M}{T_M s + 1} = \frac{1}{0,05s + 1}. \quad (32)$$

Ниже представлен пример модели (рис. 6), созданной в среде Simulink, для исследования динамики экстремального управления подвижностью шлама при вибрационном воздействии [Кривилев, 2005].

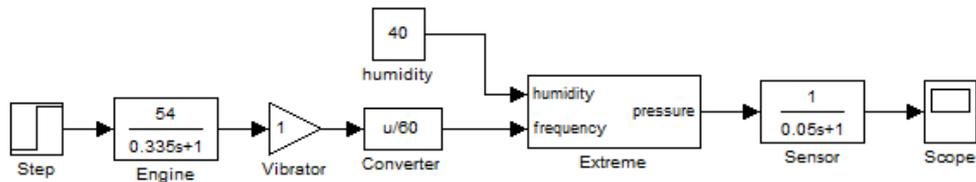


Рис. 6. Структурная модель движения сырьевого шлама при вибрационном воздействии как объект управления в среде Matlab Simulink

Fig. 6. The structural model of the movement of raw slurry with vibration exposure as a control object in the environment Matlab Simulink

Экстремальная статическая характеристика, модель которой изображена на рис. 5, реализована с помощью блока (Extreme), на вход которого подаются сигналы влажности (humidity) и частоты вибрации вибратора (frequency). В рассматриваемой модели влажность в качестве примера задана константой 40% и не меняется на протяжении процесса моделирования. Реакция модели на единичное ступенчатое воздействие в момент времени моделирования 1 секунда приведен на рис. 7. По результатам моделирования видно, что движение системы началось еще до подачи входного ступенчатого воздействия и установилось около значения 1,38 Па. Это говорит о том, что сырьевой шлам начал свое движение по патрубку без вибрации.

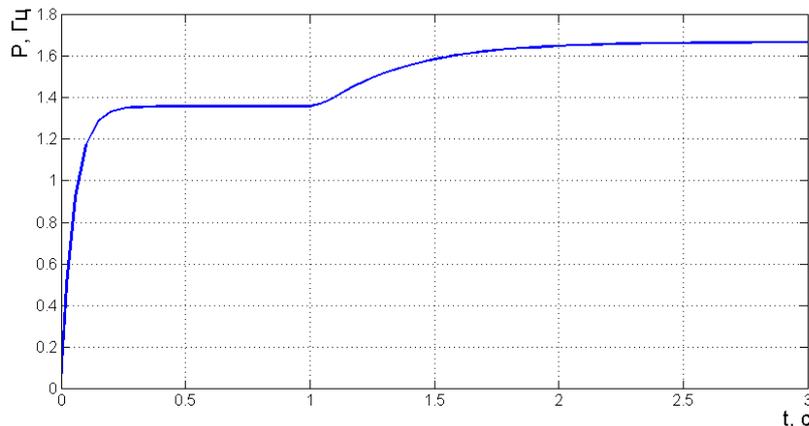


Рис. 7. Построение графика переходного процесса по результатам моделирования в среде Matlab Simulink

Fig. 7. Construction of the schedule of the transition process on the results of the simulation in the environment Matlab Simulink

## Выводы

Механическое воздействие вибрирующего органа с частотой вибрации 10–35 Гц позволяет значительно увеличить подвижность цементного шлама, и дает возможность снизить его влажность на 5–9%. Однако, для обеспечения максимальной подвижности шлама необходимо разработать систему управления вибрирующим устройством, которое установлено на всасывающем патрубке шламнасоса. При этом система управления должна учитывать дрейф экстремальной статической характеристики, которая обусловлена изменением влажности шлама и особенностями его движения в гладкой трубе всасывающего патрубка.

Предложена математическая модель экстремального объекта управления, которая включает вибрирующее устройство, экстремальную статическую характеристику, которая описывает зависимость перепада давления от частоты вибрации и влажности шлама, а также дифференциальный манометр. Полученная математическая модель реализована в среде Matlab Simulink и отражает динамику объекта управления.

**Список литературы  
References**

- Александров А. Г. 1989. Оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие для вузов по спец. Автоматика и упр. в техн. системах. М.: Высш. шк, с. 263.
- Aleksandrov A. G. 1989. Optimal'nye i adaptivnye sistemy: Ucheb. posobie dlja vuzov po spec. Avtomatika i upr. v tehn. sistemah. M.: Vyssh. shk, с. 263.
- Беседин П.В., Андрущак С.В., Козлов В.К. 2015. Исследование и моделирование процесса движения цементного шлама в лабораторных условиях. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 4: 113-119.
- Besedin P.V., Andrushhak S.V., Kozlov V.K. 2015. Issledovanie i modelirovanie processa dvizhenija cementnogo shlama v laboratornyh uslovijah. Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova, 4: 113-119.
- Беседин П.В., Андрущак С.В., Козлов В.К. 2015. Методы физико-механического регулирования реологических свойств сырьевых шламов. Цемент и его применение, 3: 127-130.
- Besedin P.V., Andrushhak S.V., Kozlov V.K. 2015. Metody fiziko-mehaničeskogo regulirovanija reologičeskikh svojstv syr'evyh shlamov. Cement i ego primenenie, 3: 127-130.
- Беседин П.В., Трубаев П.А., Панова О.А., Гришко Б.М. 2011. Некоторые направления энергосбережения в технологии цемента. Цемент и его применение. 2: 130-134.
- Besedin P.V., Trubaev P.A., Panova O.A., Grishko B.M. 2011. Nekotorye napravlenija jenergosberezhenija v tehnologii cementa. Cement i ego primenenie. 2: 130-134.
- Казакевич, В.В., Родов А.Б. 1977. Системы автоматической оптимизации. М.: Энергия. с. 288.
- Kazakevič, V.V., Rodov A.B. 1977. Sistemy avtomatičeskoi optimizacii. M.: Jenergija. s. 288.
- Касаткин А.Г. 1971. Основные процессы и аппараты химической технологии. 8-ое изд. М.: Химиздат, с. 783.
- Kasatkin A.G. 1971. Osnovnye processy i apparaty himičeskoi tehnologii. 8-oe izd. M.: Himizdat, s. 783.
- Кривилев А. 2005. Основы компьютерной математики с использованием системы MATLAB. Лекс-Книга, с. 496.
- Krivilev A. 2005. Osnovy komp'juternoj matematiki s ispol'zovaniem sistemy MATLAB. Leks-Kniga, s. 496.
- Невраев В.Ю., Петелин Д.П. 1964. Системы автоматизированного электропривода переменного тока. М: Издательство «Энергия». с. 104.
- Nevraev V.Ju., Petelin D.P. 1964. Sistemy avtomatizirovannogo jelektroprivoda peremennogo toka. M: Izdatel'stvo «Jenergija». s. 104.
- Романков П.Г., Курочкина М.И. 1982. Гидромеханические процессы химической технологии. Л.: Химия. с. 288.
- Romankov P.G., Kurochkina M.I. 1982. Gidromehaničeskie processy himičeskoi tehnologii. L.: Himija. s. 288.
- Рубанов В.Г., Бушуев Д.А. 2012. Моделирование экстремальных систем управления в среде matlab и simulink как средство анализа динамики. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 19-1 (138): 169-175.
- Rubanov V.G., Bushuev D.A. 2012. Modelirovanie jekstremal'nyh sistem upravlenija v srede matlab i simulink kak sredstvo analiza dinamiki. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. 19-1 (138): 169-175.
- Черных, И.В. 2003. SIMULINK: среда создания инженерных приложений. Под общ. Ред. к.т.н. В.Г. Потемкина. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, с. 496.
- Chernyh, I.V. 2003. SIMULINK: sreda sozdanija inzhenernyh prilozhenij. Pod obshh. Red. k.t.n. V.G. Potemkina. M.: DIALOG-MIFI, s. 496.
- Пат. 2014112882. Российская Федерация, МПК F 27 В 7/32. Способ регулирования подачи шлама в цементную печь. Беседин П.В., Андрущак С.В., Шарапов Р.Р., Козлов В.К., Новичков С.Г.; заявитель и патентообладатель Белгородский государственный университет; заявл. 02.04.2014; опубл. 2015.06.30.
- Pat. 2014112882. Rossijskaja Federacija, MPK F 27 B 7/32. Sposob regulirovanija podachi shlama v cementnuju pech'. Besedin P.V., Andrushhak S.V., Sharapov R.R., Kozlov V.K., Novichkov S.G.; zajavitel' i patentoobladatel' Belgorodskij gosudarstvennyj universitet; zajavl. 02.04.2014; opubl. 2015.06.30.



# ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.415.24

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ НЕКОТОРЫХ МЕР КАЧЕСТВА СКРЫТИЯ ИНФОРМАЦИИ В РЕЧЕВЫХ СИГНАЛАХ

## RESEARCH OF SENSITIVITY OF SOME MEASURES QUALITY ASSESSMENT HIDDEN INFORMATION IN THE SPEECH SIGNAL

**Е.Г. Жиляков, П.Г. Лихолоб, А.А. Медведева, Е.И. Прохоренко**  
**E.G. Zhilyakov, P.G. Likhlob, A.A. Medvedeva, E.I. Prokhorenko**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
308015 Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85*

*Belgorod State National Research University, 308015 Russia, Belgorod, Pobedy, 85*

*Zhilyakov@bsu.edu.ru, Likhlob@bsu.edu.ru, Medvedeva\_aa@bsu.edu.ru, Prokhorenko@bsu.edu.ru*

*Аннотация.* В работе представлено сравнение некоторых мер степени различия между исходным сигналом и результатом внедрения дополнительной информации. Проведено сравнение чувствительности различных мер. Сравнение проводилось на основе анализа результатов внедрения на основе стеганографического метода расширения спектра. В работе представлены результаты сравнения некоторых мер различия на основе анализа речевых сигналов при разбиении на отрезки одинаковой длительности.

*Resume.* The paper presents a comparison of some measures the degree of difference between the original signal and the result of the introduction of additional information. A comparison of the sensitivity of the various measures. A comparison was based on the analysis of the implementation of results-based steganographic method of spreading. The paper presents the results of a comparison of some measures the difference based on the analysis of speech signals in the division into segments of equal length.

*Ключевые слова:* речевые сигналы, стеганография, меры различия, коэффициент корреляции, среднеквадратическая ошибка, относительная погрешность, отношение сигнал-шум, мера расстояния Итакуры-Санто, метод расширения спектра.

*Keywords:* speech signals, steganography, measures the differences, the correlation coefficient, the mean square error, relative error, the signal-to-noise ratio, a measure of distance Itakura Santo method of spreading.

Развитие современных информационно-телекоммуникационных систем направлено на обеспечение возможности предоставления естественных для человека форм информационного обмена. Одной из таких форм, наиболее часто используемых удобных для человека, является речь. Современные информационные системы позволяют осуществлять хранение и передачу речевых сообщений на расстояние. Обеспечение такой возможности привело к бурному развитию технологий, обеспечивающих внедрение в аудиозаписи дополнительной информации, которая не будет восприниматься органами чувств человека. Это могут быть метки даты и времени, метки, подтверждающие авторское право и т.д. Внедрение дополнительной информации таким образом, чтобы сам факт внедрения не был обнаружен, занимается стеганография. Именно этот аспект и описывает основной принцип стеганографии [Грибунин и др., 2002; Жиляков, 2015; Конахович, Пузыренко, 2006; Крыжевич, Белобородов, 2014; Fugui, 2000; Zhilyakov E.G. 2015].

В случае использования в качестве объекта, в который будет внедряться информация (контейнера), речевого сигнала, результат внедрения, т.е. стегоконтейнер (контейнер вместе с внедренной информацией), «на слух» не должен отличаться от исходного контейнера.

Очевидно, что наиболее эффективными способами обнаружения изменения (выявления степени изменения) являются субъективные оценки. Однако рост спроса на стегоалгоритмы и,

как следствие, увеличение объемов обрабатываемых речевых данных приводит к необходимости автоматизации процесса оценки результатов внедрения дополнительной информации.

Для этого необходимо использование объективных методов, позволяющих в некоторой числовой форме оценить степень различия речевых сигналов до и после внедрения дополнительной информации.

При этом для методов, оценивающих качество вложения можно предъявить следующие требования:

- метод должен позволить выразить качество звучания количественной мерой;
- метод должен учитывать свойства слухового восприятия;
- при использовании методов не должно возникать необходимости использования экспертов,

но при этом необходимо, чтобы он обеспечивал лучшую корреляцию с субъективными оценками;

- метод должен позволять определять критическую отметку (порог обнаружения) по достижении которой, изменения, вызываемые стеганографическим методом кодирования, будут заметны на слух;

- метод не должен зависеть от параметров анализируемого сигнала (частоты дискретизации, разрядности и т.д.), он должен одинаково реагировать на изменения во временной и частотных областях.

В настоящее время наиболее широкое использование получили методы оценки различия сравниваемых сигналов, основанных на анализе отрезков речевых сигналов во временной области. При этом используются такие оценки различия, как среднеквадратическая ошибка (*СКО*), относительная погрешность (*НСКО*), отношение сигнал-шум (*ОСШ*), коэффициент корреляции (*cor*), мера расстояния Итакуры-Санто (расстояние наибольшего правдоподобия, *ISD*). Каждая из этих оценок позволяет выявить различия в сравниваемых сигналах. Однако они имеют разную чувствительность.

В частности, среднеквадратическая ошибка (*СКО*) отражает абсолютное различие энергии отрезков сигналов во временной области [Ozer H., 2000; Hicsonmez S., 2013; Iser B., 2008]:

$$СКО = \sum_{n=1}^N (x_n - \tilde{x}_n)^2, \quad (1)$$

где  $x_n$  – значение амплитуды исходного отрезка данных;  $\tilde{x}_n$  – значение амплитуды отрезка данных содержащего дополнительную информацию,  $N$  – количество отсчетов сравниваемых отрезков сигналов.

Данная мера позволяет выявить различия в огибающих амплитуд отрезков речевых сигналов. Чем меньше изменений вносится при внедрении дополнительной информации, тем ближе значение этой оценки к нулю.

Однако данная оценка не учитывает энергию самого сигнала, а это значит, что при выборе данной оценки возникают сложности с выбором порогового значения. Поэтому чаще используют нормированную оценку *СКО* к норме исходного сигнала [Жилияков Е.Г., 2010]:

$$НСКО = \sum_{n=1}^N (x_n - \tilde{x}_n)^2 / \sum_{n=1}^N x_n^2. \quad (2)$$

Реакция данной оценки аналогична реакции *СКО*.

Также для учета степени отличия исходного сигнала и результата внедрения дополнительной информации используют оценку, чувствительную ко времени выравнивания сравниваемых отрезков сигналов [Ozer H., 2000; Hicsonmez S., 2013; Iser B., 2008]:

$$ОСШ = 10 \cdot \lg \frac{\sum_{n=1}^N x_n^2}{\sum_{n=1}^N (x_n - \tilde{x}_n)^2}. \quad (3)$$

Чем выше оценка *ОСШ*, тем меньше изменений было внесено. В случае равенства двух отрезков (исходного и подвергнутого изменениям при кодировании) оценка будет равна бесконечности ( $\infty$ ).

Для оценки степени схожести двух отрезков данных, часто используют оценку взаимной энергии этих сигналов, определяемую коэффициентом корреляции [Ozer H., 2000; Iser B., 2008]:

$$cor = \frac{\sum_{n=1}^N \left( x_n - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n \right) \cdot \left( \tilde{x}_n - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \tilde{x}_n \right)}{\sqrt{\sum_{n=1}^N \left( x_n - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n \right)^2 \cdot \left( \tilde{x}_n - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \tilde{x}_n \right)^2}}. \quad (4)$$

Чем ближе значение корреляции к единице, тем выше схожесть отрезка данных содержащего контрольную информацию и исходного.

Все рассмотренные выше оценки вычисляют меру различия, используя для сравнения значения отсчетов во временной области. Однако на ряду с изменениями во временной области необходимо также учитывать различия в частотной области. Для этого используется мера, основанная на расстоянии Итакуры-Санто [Ozer H., 2000; Hicsonmez S., 2013; Iser B., 2008]:



$$ISD = \int_{-\pi}^{\pi} \left( \frac{|\tilde{X}(\nu)|^2}{|X(\nu)|^2} + \ln \frac{|X(\nu)|^2}{|\tilde{X}(\nu)|^2} - 1 \right) d\nu / 2\pi. \quad (5)$$

Известно, что энергия отрезка сигнала может быть выражена следующим образом [Жилияков, 2010; Жилияков, 2015]:

$$\|\bar{x}\|^2 = \sum_{n=1}^N x_n^2 = \sum_{r=1}^R \left( \int_{\nu \in \Omega_r} |X(\nu)|^2 d\nu / 2\pi \right) = \sum_{r=1}^R P_r, \quad (6)$$

где  $P_r$  – значение энергии частотной компоненты отрезка сигнала.

Тогда мера, основанная на расстоянии Итакуры-Саито, может быть представлена в виде:

$$ISD = \sum_{r=1}^R \Delta\omega_r \cdot \left( \frac{\tilde{P}_r}{P_r} + \ln \frac{P_r}{\tilde{P}_r} - 1 \right) / \pi, \quad (7)$$

где  $\tilde{P}_r$  – значение энергии частотной компоненты исходного отрезка данных;  $P_r$  – значение энергии частотной компоненты отрезка данных содержащего дополнительную информацию.

Мера имеет смысл расстояния между спектрами двух сигналов и оценивает несоответствие между энергией измененного и исходного отрезка данных. При равенстве отрезков данных мера обращается в ноль.

Сравнение чувствительности представленных оценок осуществлялось на основе использования одного из наиболее распространенных стеганографических методов [Hicsonmez S., 2013], учитывающих частотные характеристики речевых сигналов, – метода расширения спектра. Суть метода заключается в добавлении к отрезку исходного речевого сигнала псевдослучайной последовательности (ПСП) в соответствии с выражением [Жарких и др., 2009; Fridrich, 2012; Nedeljko, Tapiro, 2004; Stanković et al, 2012; Белов С.П., 2015]:

$$\tilde{x} = \bar{x} + \alpha_m \cdot e_m \cdot \bar{u}, \quad (8)$$

где  $\bar{x}$  – исходный отрезок данных;  $\bar{u}$  – отрезок, соответствующий псевдослучайной последовательности;  $\alpha_m$  – весовой коэффициент;  $e_m$  – кодовое отображение двоичного бита контрольной информации, определяемое по формуле:

$$e_m = 2e_m - 1, \quad m = 1, \dots, M, \quad (9)$$

где  $e_m$  – бит контрольной информации в двоичной системе счисления,  $e_m \in \{0, 1\}$ ;  $M$  – объем скрытно кодируемой контрольной информации;  $e_m$  – кодовое отображение двоичного бита контрольной информации,  $e_m \in \{-1, 1\}$ ;  $m$  – порядковый номер бита контрольной информации.

Весовой коэффициент  $\alpha_m$  определяет скрытность системы. В работах [Thierry, Ferran, 2009; Vercoe, 1995] его предлагается выбирать равным:

$$\alpha_m = \frac{\langle \bar{x}, \bar{u} \rangle}{\|\bar{u}\|^2}. \quad (10)$$

Стоит отметить, что использование в качестве шума сигнальной конструкции  $\bar{u}$ , не обладающей взаимной энергией с данными  $\bar{x}$ , позволяет повысить помехоустойчивость стеганографически закодированной контрольной информации  $e_m$ , а использование коэффициента проекции  $\alpha_m$  повышает скрытность контрольной информации.

Декодирование бита контрольной информации из данных происходит путем определения знака скалярного произведения отрезка данных и псевдослучайной последовательности:

$$\tilde{e}_m = \text{sign}(\langle \tilde{x}, \bar{u} \rangle), \quad (11)$$

где  $\text{sign}(\ )$  – операция выделения знака.

Для исследования чувствительности рассмотренных мер качества скрытия информации, были проведены вычислительные эксперименты с использованием различных звуков русской речи. На рисунках 1-3 представлены отрезки речевых сигналов, соответствующих некоторым звукам русской речи, а также распределение их энергии по частотным интервалам.

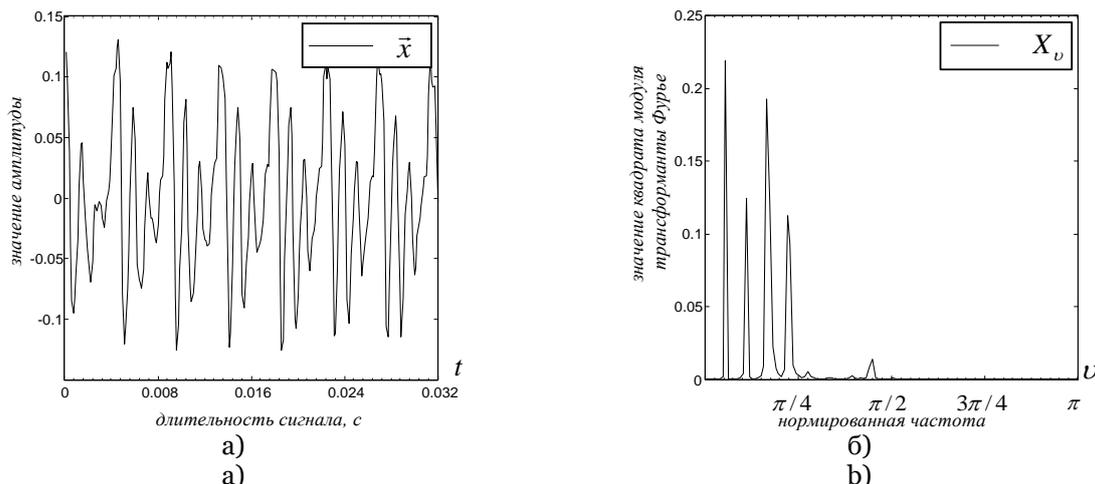


Рис. 1. Речевой сигнал, соответствующий звуку «а»: а) отрезок речевого сигнала; б) распределение энергии по частотным интервалам  
 Fig. 1. A speech signal corresponding to the sound «а»: a) the segment of the speech signal; b) the distribution of energy over the frequency interval

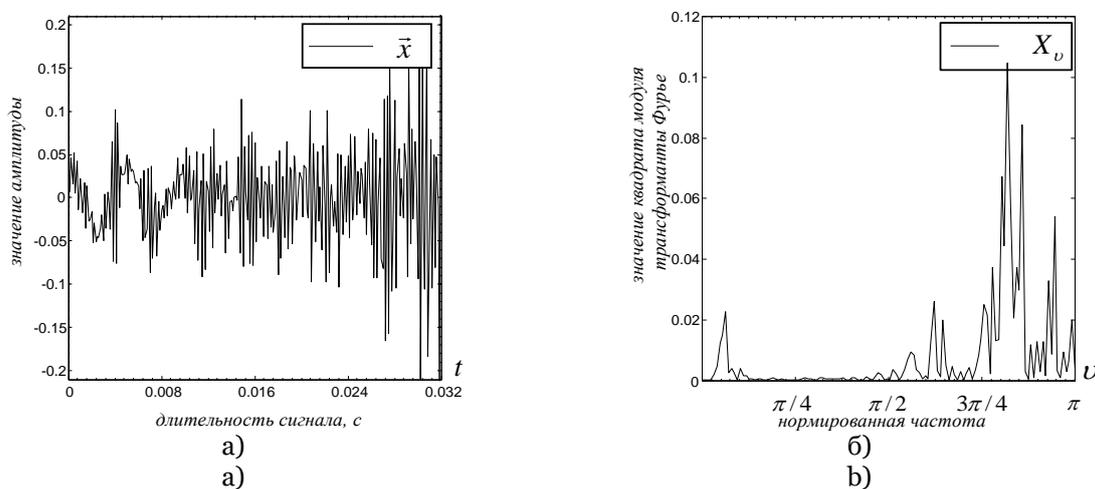


Рис. 2. Речевой сигнал, соответствующий звуку «ч»: а) отрезок речевого сигнала; б) распределение энергии по частотным интервалам  
 Fig. 2. A speech signal corresponding to the sound «ch»: a) the segment of the speech signal; b) the distribution of energy over the frequency interval

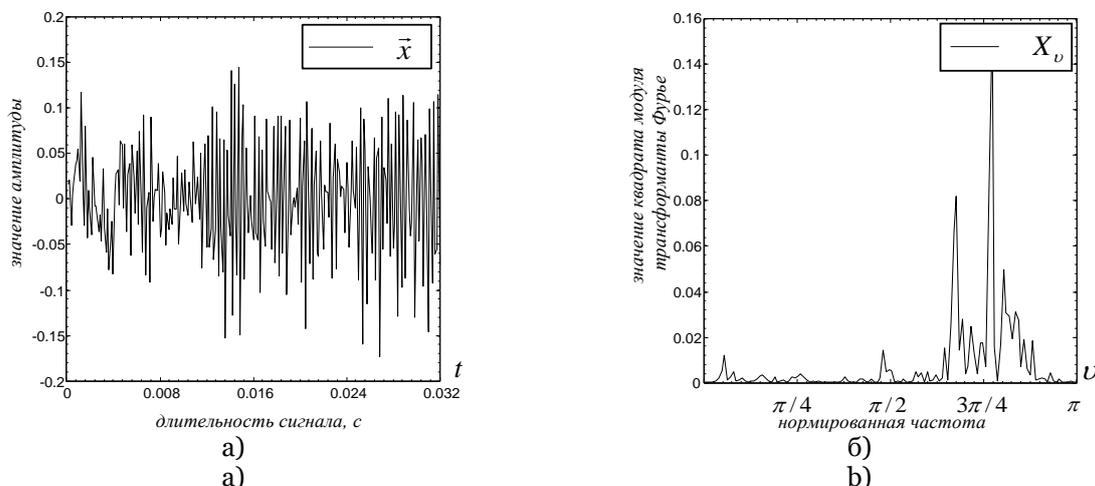


Рис. 3. Речевой сигнал, соответствующий звуку «ш»: а) отрезок речевого сигнала; б) распределение энергии по частотным интервалам  
 Fig. 3. A speech signal corresponding to the sound «sh»: a) the segment of the speech signal; b) the distribution of energy over the frequency interval



Как видно из рисунков, различные звуки русской речи имеют разное распределение энергии. Так, энергия речевого сигнала, соответствующего звуку «а», сосредоточена в полосе нижних частот, а энергия отрезков речевых сигналов, соответствующих звукам «ч» и «ш», сосредоточена в области высоких частот. Кроме того, энергия отрезка сигнала, соответствующего звуку «ш», распределена в более широкой полосе частот. Так как разные звуки речи имеют различное распределение энергии в частотной области, то внедрение дополнительной информации в различные звуки может приводить к различным искажениям. Таким образом, используемые меры качества скрытия информации должны учитывать особенности частотного распределения отрезков речевых сигналов.

В таблице 1 представлены результаты оценки рассмотренных мер различия для всех звуков русской речи. При этом для анализа использовались отрезки речевых сигналов, записанных с частотой дискретизации 8 кГц и разрядностью кода 16 бит. Для реализации метода расширения спектра речевые сигналы разбивались на отрезки одинаковой длительности по  $T=32$ мс. Важно также отметить, что исследование рассматриваемых мер осуществлялось при реализации наложения шума на сигнал при отсутствии взаимной корреляции и использовании весового коэффициента вида:

$$\alpha_m = \frac{K_m}{\|u\|^2} \cdot \quad (12)$$

При этом параметр  $K_m$  изменялся в диапазоне от 0,0001 до 0,2000.

Таблица 1  
Table 1

**Оценка мер различия исходного сигнала и результатов внедрения при использовании стеганографического метода расширения спектра ( $T=32$ мс)**  
**Evaluation of the differences of the original signal and implementation results using steganographic technique spreading ( $T=32$ ms)**

Тип звука	$K_m$	<i>СКО</i>	<i>НСКО</i>	<i>ОСШ</i>	<i>cor</i>	<i>ISD</i>
А	0,0001	0,0001	0,0001	80,0000	1,0000	0,0021
	0,0002	0,0002	0,0002	73,9794	0,9999	0,0045
	0,0100	0,0100	0,0100	40,0000	0,9950	0,4529
	0,1000	0,1000	0,1000	20,0000	0,9524	6,3492
	0,2000	0,2000	0,2000	13,9794	0,9091	13,3037
Ч	0,0001	0,0001	0,0001	80,0000	1,0000	0,0002
	0,0002	0,0002	0,0002	73,9794	0,9999	0,0005
	0,0100	0,0100	0,0100	40,0000	0,9950	0,0182
	0,1000	0,1000	0,1000	20,0000	0,9524	0,3009
	0,2000	0,2000	0,2000	13,9794	0,9091	0,8142
Ш	0,0001	0,0001	0,0001	80,0000	1,0000	0,0007
	0,0002	0,0002	0,0002	73,9794	0,9999	0,0014
	0,0100	0,0100	0,0100	40,0000	0,9950	0,0523
	0,1000	0,1000	0,1000	20,0000	0,9524	0,6402
	0,2000	0,2000	0,2000	13,9794	0,9091	1,5429

Из представленных в таблице данных видно, что значения всех рассмотренных мер, кроме меры, основанной на расстоянии Итакуры-Саито, зависят только от коэффициента  $K_m$ . В свою очередь, значение меры, основанной на расстоянии Итакуры-Саито, зависит как от коэффициента  $K_m$ , так и от типа звука. Так для вокализованных звуков русской речи добавление широкополосного шума приводит к более существенному увеличению меры, основанной на расстоянии Итакуры-Саито, чем при добавлении того же фрагмента шума к шипящим звукам. Таким образом, мера, основанная на расстоянии Итакуры-Саито, позволяет учитывать особенности распределения энергии звуков русской речи.

### Выводы

Таким образом, использование меры, основанной на расстоянии Итакуры-Саито, целесообразно для оценки меры качества скрытия информации в речевых сигналах.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 15-07-01463 «Разработка методов и алгоритмов автоматического распознавания устной речи с использованием субполосного анализа речевых сигналов».

### Список литературы References

- Грибунин В.Г., Оков И.Н., Туринцев И.В. 2002. Цифровая стеганография. Аспекты защиты. М., Солон-Пресс. С.261.
- Белов С.П., Жилияков Е.Г., Лихолоб П.Г., Пашинцев В.П. 2015. О методе скрытного кодирования контрольной информации в речевые данные. Инфокоммуникационные технологии. Саратов. Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 13(3): 325-333.
- Belov S.P., Zhilyakov E.G., Liholob P.G. Pashincev V.P. 2015. O metode skrytnogo kodirovaniya kontrolnoj informacii v rechevye dannye. Infokommunikacionnye tekhnologii. Saratov. Povolzhskij gosudarstvennyj universitet telekommunikacij i informatiki. 13(3): 325-333.
- Gribunin V.G., Okov I.N., Turintsev I.V. 2002. Tsifrovaya steganografiya. Aspekti zaschityi. M., Solon-Press: 1-261.
- Жарких А.А., Гурин А.В., Пластунов В.Ю. 2009. Метод стеганографии на основе прямого расширения спектра сигнала. Материалы VII Международной научно-технической конференции, 7 – 11 декабря 2009 г. INTERMATIC. - М.: МИРЭА часть 4: 78-83.
- Zharkih A.A., Gurin A.V., Plastunov V.Yu. 2009. Metod steganografii na osnove pryamogo rasshireniya spektra signala. Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii, 7 – 11 dekabrya 2009 g. INTERMATIC. - M.: MIREA chast 4: 78-83.
- Жилияков Е.Г., Белов С.П., Черноморец А.А. 2010. Вариационные методы анализа сигналов на основе частотных представлений. Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, вып.1. – Москва: Изд-во ОАО «ЦНИИ «Электроника»: 10-26.
- Zhilyakov E.G., Belov S.P., Chernomorets A.A. 2010. Variatsionnyie metody analiza signalov na osnove chastotnyih predstavleniy. Voprosyi radioelektroniki, ser. EVT, vyip.1. – Moskva: Izd-vo OAO «TsNII «Elektronika»: 10-26.
- Жилияков Е.Г. 2015. Оптимальные субполосные методы анализа и синтеза сигналов конечной длительности. Автоматика и телемеханика. – М.: Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр Российской академии наук "Издательство "Наука". 4: 51-66
- Zhilyakov E.G. 2015. Optimalnyie subpolosnyie metody analiza i sinteza signalov konechnoy dlitelnosti. Avtomatika i telemehaniika. Moskov. Akademicheskij nauchno-izdatelskiy, proizvodstvenno-poligraficheskij i knigorasprostranitel'skiy tsentr Rossiyskoy akademii nauk "Izdatel'stvo "Nauka" № 4: 51-66.
- Hicsonmez S., Uzun E., Sencar H.T. 2013. Methods for identifying traces of compression in audio. In Communications, Signal Processing, and their Applications (ICCSIPA), 2013 1st International Conference on IEEE: 1-6.
- Конахович Г.Ф., Пузыренко А.Ю. 2006. Компьютерная стеганография. Теория и практика. Киев, «МК-Пресс»: 1-288.
- Konahovich G.F., Puzynenko A.Yu. 2006. Kompyuternaya steganografiya. Teoriya i praktika. Kiev, "MK-Press.": 1-288.
- Крыжевич Л.С., Белобородов Д.А. 2014. Стеганографические методы сокрытия данных в звуковых файлах на основе всплесковых преобразований. Auditorium: электронный научный журнал Курского государственного университета. – Курск: № 2, 2014г. «Аудиториум» электронный научный журнал <http://auditorium.kursksu.ru>. URL: <http://auditorium.kursksu.ru/index.php?page=6&new=2>
- Kryzhevich L.S., Beloborodov D.A. Steganograficheskie metody sokryitiya dannyih v zvukovyih faylah na osnove vspleskovyih preobrazovaniy. Auditorium: elektronnyiy nauchnyiy zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta. – Kursk: # 2, 2014g. «Auditorium» elektronnyiy nauchnyiy zhurnal <http://auditorium.kursksu.ru>. URL: <http://auditorium.kursksu.ru/index.php?page=6&new=2>
- Iser B., Schmidt G., Minker, W. 2008. Bandwidth extension of speech signals. Springer Science & Business Media. 13: 1-187
- Fridrich, J. 2012. Steganography in digital media: Principles, algorithms, and applications. Steganography in Digital Media: 1-441.
- Furui, Sadaoki. 2000. Digital speech processing, synthesis, and recognition. 2nd ed., rev. and expanded
- Nedeljko Cvejic, Tapio Seppanen. 2004. Spread spectrum audio watermarking using frequency hopping and attack characterization. Signal Processing 84: 207 – 213.
- Ozer H., Avcibas, I., Sankur, B. and Memon, N.D. 2003. Steganalysis of audio based on audio quality metrics. In Electronic Imaging 2003 International Society for Optics and Photonics: 55-66
- Stanković, S., Orović, I., Sejdić, E. 2012. Multimedia signals and systems. Multimedia Signals and Systems: 1-349.
- Thierry Dutoit, Ferran Marques. 2009. Applied Signal Processing A MATLAB TM-Based Proof of Concept.
- Vercoe B.L. 1995. Csound: A Manual for the Audio-Processing System, MIT Media Lab, Cambridge.
- Zhilyakov E.G. 2015. Optimal subband methods of analysis and synthesis of signals of finite duration / Automation and Remote Control. - M .: Academic Scientific Publishing, Production and Publishing and Bookselling Center of the Russian Academy of Science "Publishing House" Science "№ 4, 2015: 51-66.



УДК 004.92

## СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПАНОРАМНОЙ СЪЕМКИ RESEARCH OF MODERN TRENDS IN THE FIELD OF PANORAMIC SHOOTING

**С.Л. Бабаринов, Д.В. Щепилова**  
**S.L. Babarinov, D.V. Shchepilova**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85*

*Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

*e-mail: babarinov@bsu.edu.ru, shchepilova@bsu.edu.ru*

*Аннотация.* В данной работе рассмотрены современные разработки в области панорамной съемки. Описаны три различные системы панорамной съемки, использующие различные архитектурные решения в плане построения оптического-мехатронной части, программного и аппаратного обеспечения. На основе проведенного обзора сделаны рекомендации по построению устройств панорамной съемки.

*Resume.* In this paper modern developments in the field of panoramic photography are described. We deal with three different systems panorama using different architectural solutions in terms of construction of the optical-mechatronic parts, hardware and software. Based on the review we made recommendations for the panoramic shooting system construction in conclusion.

*Ключевые слова:* панорамная съемка, панорамы, алгоритм мозаичного совмещения изображений, панорамная съемка с расширенным динамическим диапазоном, система панорамной съемки типа «Паноптикум»

*Keywords:* panoramic shooting, panorama, mosaic image registration algorithm, panoramic shooting with high dynamic range, panorama shooting system «Panopticon».

### Введение

Панорамная съемка является современным и прогрессивным подходом к отображению окружающей действительности, которая позволяет избежать многих ограничений традиционной фотографии, сильно ограничивающей пространство изображения. Используя сверхширокоугольную оптику можно обеспечить обзор пространства около 120 градусов, что не сопоставимо с возможностями визуального восприятия человека. Также при использовании широкоугольной оптики невозможно точно предать перспективу сцены: объекты на переднем плане непропорционально большие, в то время как на заднем плане сильно уменьшены.

Развитие фотосенсоров и оптической техники приводит к увеличению разрешения изображения, что вкупе с развитием технологий совмещения изображений дает возможность осуществлять создание панорамной перспективы путем объединения изображений, полученных с нескольких камер. [Szeliski, 1994, p.44-53; Schechner, Nayar, 2001, p. 17-24]

Панорамная съемка позволяет осуществлять обзор пространства в сравнимом с человеческим восприятием виде. В зависимости от типа применяемого оборудования панорамная съемка может охватывать пространство углом от 120 до 360 градусов, единым кадром с соотношением сторон 16:9, 8:1 и выше. [Brown, Lowe, 2007, p.59-73; Afshari et al, 2012, p.49-54]

Известно, что панорамная перспектива может быть получена путем использования широкоугольных объективов, однако, искажения в таком случае неизбежны в виду несовершенства существующих оптических систем. Для решения данной задачи предлагается использовать специальные алгоритмы панорамного совмещения и компоновки нескольких изображений (в некоторых источниках мозаичная компоновка), чтобы нивелировать недостатки классической панорамной съемки сверхширокоугольным объективом. В основе алгоритмов мозаичной компоновки используется механизм распознавания сегментов изображения, с целью установления тождественности между ними и совмещения изображений по определенным координатам тождественных сегментов. [Brown, Lowe, 2007, p.59-73]

Чтобы получить перспективную панораму с глубокой сценой и большим динамическим диапазоном необходимо разрабатывать систему с множеством камер и большим количеством фокусных расстояний и апертур, что приводит к большим вычислительным затратам и необходимости выделения

больших объемов оперативной и постоянной памяти. В связи со сложностью алгоритмов фиксации и совмещения изображений с различными фокусными расстояниями и экспозицией, требуется особое внимание к производительности аппаратной части, а также эффективности используемых алгоритмов. В случае необходимости создания системы панорамной съемки в реальном масштабе времени к решению этих проблем необходимо подходить с особой тщательностью.

В данной работе приводится обзор особенностей существующих схем устройств панорамной съемки. На основании анализа представленных прототипов устройств будет сформулирован вывод о пригодности использования решений, представленных в этих устройствах, или же их модификации для перспективной системы панорамной съемки.

На основании проведенных исследований, даются существенные рекомендации, которые следует использовать при проектировании собственной системы панорамной съемки.

### Система панорамной съемки, основанная на базе PLD с использованием оптимального алгоритма мозаичного совмещения изображений

Одной из перспективных систем панорамной съемки является система, основанная на двух CMOS-фотосенсорах (complementary metal-oxide-semiconductor) и использовании алгоритма оптимального мозаичного совмещения на базе программируемой логической интегральной схемы (PLD - programmable logic device). В первую очередь, необходимо отметить используемые в системе фотосенсоры на базе комплементарной структуры металл-оксид-полупроводник – сенсоры THDBD5Ms. Во-вторых, для совмещения изображений используется оригинальный алгоритм мозаичного совмещения изображений. Данный алгоритм был выполнен в программной системе MATLAB и оптимизирован для работы на PLD. В модуль PLD отдельно включены четыре специальных модуля ядра: модуль быстрого преобразования Фурье, модуль преобразования негатива в формате RAW в бинарный формат изображения, модуль преобразованию бинарного изображения в цветовое пространство YUV и модуль памяти SDRAM. [Sen Ma et al, 2011]

После совмещения изображений в модулях PLD изображение формата YUV конвертируется в бинарное (разрешение bmp) изображение формата RGB и выводится через аналоговый графический интерфейс VGA на монитор. Формируется другой поток данных, который передается на сетевой интерфейс Ethernet, который в свою очередь передается на удаленный клиент, снабженный специально разработанным программным обеспечением. В качестве инструмента тестирования полученной системы была использована библиотека функций DE2-70. Исходя из проведенных экспериментов, созданная описанным образом система удовлетворяет требованиям к съемке панорамных изображений. Схема описываемого устройства панорамной съемки приведена на рис. 1. [Sen Ma et al, 2011, p. 5]

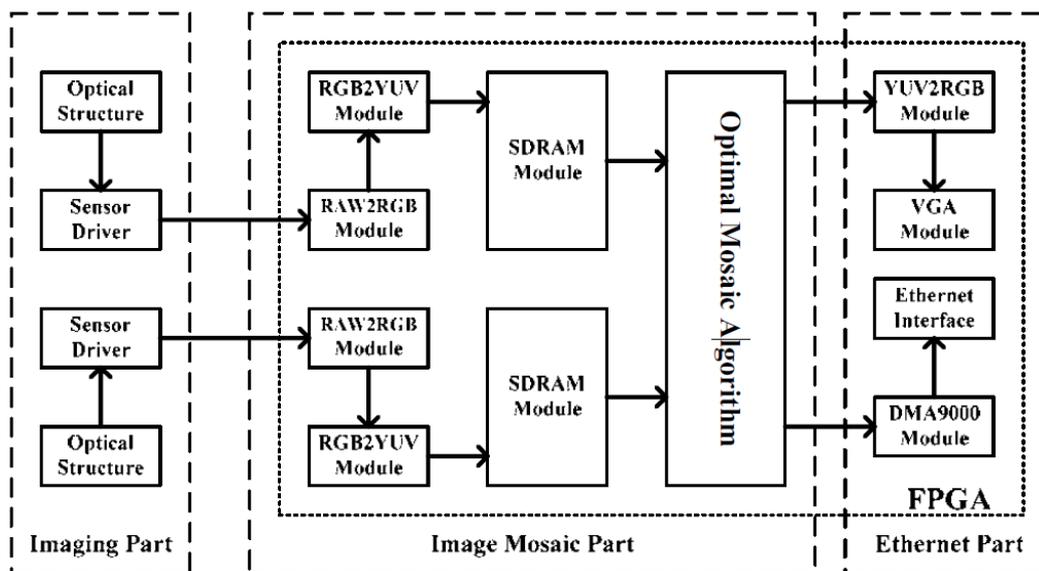


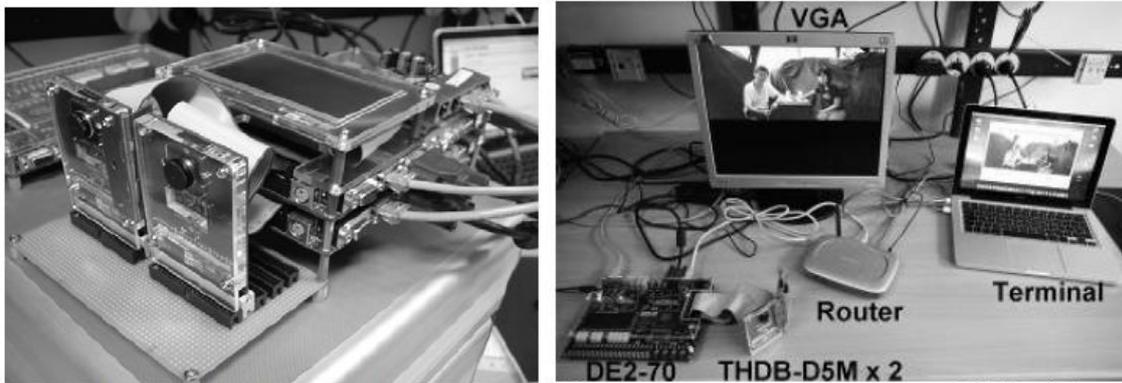
Рис. 1. Схема рассматриваемого устройства панорамной съемки [Sen Ma et al, 2011, p. 5]

Fig. 1. The circuit of the panorama shooting device [Sen Ma et al, 2011, p. 5]

Система панорамной съемки состоит из трех основных компонентов: CMOS-фотосенсора, сетевого интерфейса Ethernet и системы мозаичного совмещения. CMOS-фотосенсор включает в себя два пятимегапиксельных сенсора THDB-D5Ms. Каждый из которых, в свою очередь, содержит цепь питания, маломощный усилитель, блок синхронизации. Система мозаичного совмещения

изображений состоит из модуля преобразования RAW негатива изображения в бинарное изображение стандарта RGB, который отвечает за преобразование сигнала, полученного с фотосенсоров; модуля преобразования бинарного изображения RGB в изображение в цветовом пространстве YUV для сжатия; модуля быстрого преобразования Фурье на котором выполняется алгоритм оптимальной фазовой корреляции. Сетевой интерфейс Ethernet выполнен без использования RTOS и стека TCP/IP для достижения высокой скорости передачи данных. В целом система реализована на базе PLD DE2-70 FPGA. [Sen Ma et al, 2011, p. 6-7]

Чтобы подтвердить работоспособность системы панорамной съемки, приведены следующие изображения: рис. 2(a) и рис. 2(b). На рис. 2 изображен вид системы панорамной съемки на базе PLD ALTERA DE-70 FPGA, с присоединенными к нему CMOS-фотосенсорами типа THDB-D5M, которые можно увидеть в левой части изображения 2(a). На LCD монитор выводится готовое панорамное изображение с выхода платы DE2-70, поступающее через VGA интерфейс. В центре изображения 2(b) установлен Ethernet маршрутизатор, который соединен с модулем панорамной камеры и удаленным терминалом, функции которого выполняет Apple MacBook с установленной ОС Snow Leopard, витой неэкранированной парой. С помощью двух фотосенсоров THDB-D5M CMOS получают два изображения с разными полями зрения, модуль PLD выполняет сведение изображения в панораму, которая передается на удаленный терминал через Ethernet соединение. Таким образом, результаты работы системы можно наблюдать как локально, так и удаленно, описанная система может быть модифицирована путем увеличения количества камер с целью получения 360 градусной панорамы, что не требует радикального изменения алгоритма совмещения изображений (оптимального мозаичного алгоритма совмещения) и модификации аппаратной части. [Sen Ma et al, 2011, p. 8-9]



(a) The Appearance of Panoramic Mosaic Camera

(b) The Function demonstration of Panoramic Mosaic Camera

Рис. 2. Система панорамной съемки; (а) Общий вид панорамной камеры;

(б) Демонстрация работоспособности системы панорамной съемки [Sen Ma et al, 2011, p. 9]

Fig. 2. Panoramic Mosaic shooting device; (a) The appearance of Panoramic Mosaic Camera;

(b) The Function demonstration of Panoramic Mosaic Camera [Sen Ma et al, 2011, p. 9]

### Многокамерная система для съемки панорамного видео с расширенным динамическим диапазоном

Расширенный динамический диапазон изображения в обычном случае может быть получен путем совмещения нескольких снимков, снятых с разными значениями экспозиции. Предыдущие технологии расширенного диапазона видео применяли технологию стекирования кадров различной экспозиции во временной области. В данной разработке предлагается использовать многокамерную систему, которая будет способна обрабатывать панорамное видео с расширенным динамическим диапазоном в масштабе реального времени, со следующими параметрами: разрешение 1024x256 пикселей и частота кадров 25 кадров в секунду. В системе используются камеры с перекрывающимися друг друга углами обзора и различной экспозицией, для того чтобы создать 360 панорамное изображение в расширенном динамическом диапазоне. По заявлениям авторов, предлагаемый в системе метод получения видео изображений с расширенным динамическим диапазоном, превосходит предыдущие технологии. Разработанная система базируется на PLD и способна воссоздавать панорамное видео с помощью специального адаптированного аппаратного обеспечения. Измеренная пропускная способность (отдачи видеоматериала) системы оценивается в 245 Мбайт/с, что в сочетании с быстродействием создания панорамного видео расширенного динамического диапазона, по представленным сведениям, является самой быстрой подобной системой в мире. Динамический диапазон измеряется как разница между самым ярким и самым темным пикселем на изображении. [Porovic et al, 2014]

Большинство современных камер не могут получить широкий динамический диапазон, чтобы наиболее естественно передавать глубину сцен, которые могут содержать отличающиеся на несколько порядков энергии, как темных, так и светлых пикселей. Это приводит к эффекту недостаточности

контраста изображения в локальных областях. На рис. 3 представлены 3 изображения, снятые при различных значениях экспозиции. Переэкспонированные и недоэкспонированные изображения обладают хорошей детализацией в темных и ярких областях соответственно. [Popovic et al, 2014]

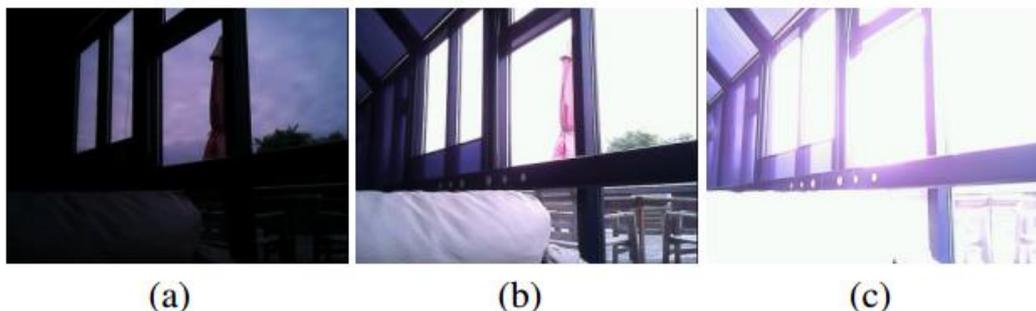


Рис. 3. Изображения снятые камерой с различной экспозицией по времени (a) короткая; (b) средняя, (c) длинная

Fig. 3. Images taken with the camera to different exposure over time (a) short; (b) average, (c) long

Захват и воспроизведение видео с расширенным динамическим диапазоном является сложной задачей в виду множества причин. Большинство систем используют только одну экспозицию, полученную с одной камеры, что приводит к размытию между кадрами при их совмещении в панораму. С другой стороны, используя множество кадров с разными экспозициями полученные с одной камеры вызывают снижение эффективности съемки видео в виду падения количества фиксируемых кадров в секунду. [Popovic et al, 2014]

Большинство систем обработки видео основываются на процессорах (Central processing unit - CPU) или графических процессорах (Graphic processor unit – GPU). Несмотря на то, что GPU специально созданы для обработки больших объемов данных в параллельном режиме, зачастую они не справляются с работой в режиме реального времени. Ключевой особенностью представленной системы является идея использовать множество камер, с перекрывающимися зонами обзора для создания панорамы, при этом на них установлены различные значения экспозиции, синхронизированные для осуществления одновременного снимка. Подобное решение позволяет избежать эффекта размытия, потому что между съемкой кадров с разных камер нет временного разрыва (который может составлять несколько сотен миллисекунд в стандартных камерах). Стоит особо отметить, что, не смотря на разное время экспозиции, время закрытия затвора всех камер синхронизировано, что позволяет осуществить одномоментный снимок, т.е. закрыть затвор всех камер одновременно. На рис. 4 представлен прототип панорамной камеры для съемки видео расширенного динамического диапазона. [Popovic et al, 2014, p.2-3]

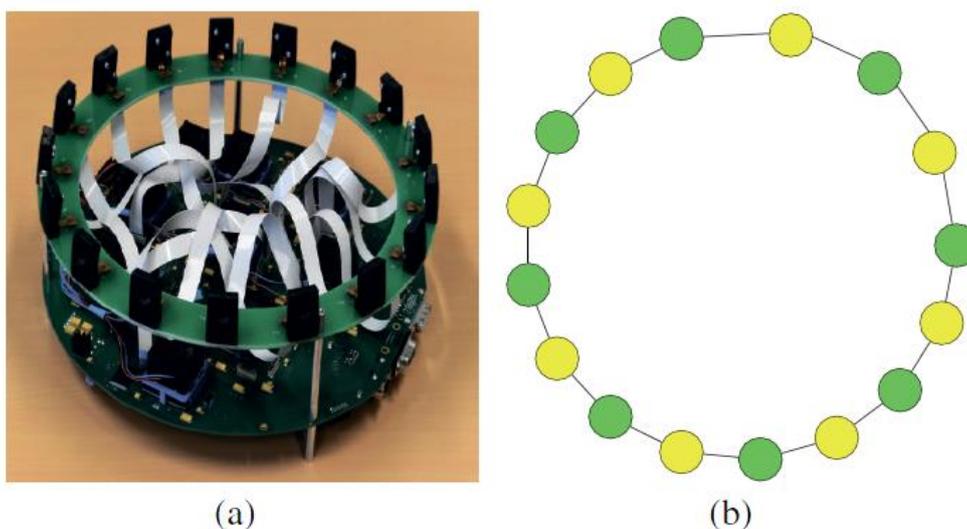


Рис. 4. Прототип панорамной камеры, диаметр - 30 см, граф на рис. (b) представляет собой расположение камер. Желтым обозначены камеры с высоким показателем задержки, зеленым – с низким. Каждая камера может обмениваться данными только с соседом, имеющим иную экспозицию. [Popovic et al, 2014, p.4]

Fig. 4. Panoramic Camera Prototype, diameter -30 cm, graph in Figure (b) is an arrangement of cameras. Yellow marked cameras with high rates of delays in green - low. Each camera can only communicate with a neighbor of a different exposure. [Popovic et al, 2014, p.4]

Разработанный прототип включает в себя несколько PLD. Основной PLD является ядром всей системы. Он выполняет функции инициализации системы, синхронизации и коммуникации между камерами и вспомогательными PLD, а также обеспечивает сетевой доступ по Gigabit Ethernet, USB 2.0 и отображение готового панорамного изображения через аналоговый интерфейс VGA. Вспомогательные PLD берут на себя функцию склейки панорамы из изображений, полученных на разных камерах и отправляет его на главный PLD для дальнейшей передачи на ПК. Каждый вспомогательный PLD подключается к 7 камерам и имеет 7 модулей памяти SRAM по 2 мегабайта каждая, в виду ограниченности количество разъемов для подключения на каждом PLD. [Popovic et al, 2014, p.5]

Таким образом, PLD имеет выделенную память, которая позволяет при необходимости загружать в них значения пикселей с нескольких камер. Система рассчитана на максимум 49 камер, для достижения вида полусферической панорамы. Камеры расположены на печатной плате в виде кольца, диаметром 30 см, в качестве фотосенсоров используются дешевые аналоговые камеры с минимальным углом обзора в 46 градусов и работающие с частотой 25 кадров в секунду. Камеры могут взаимодействовать друг с другом через вспомогательные PLD, даже не будучи подключенными к одному PLD, благодаря взаимодействию всех вспомогательных PLD через центральный PLD. Обмен данными между камерами и совмещение изображений происходит без задержки в масштабе реального времени. Схема центрального PLD представлена на рис. 5 (а), схема вспомогательного PLD изображена на рис. 5 (b). [Popovic et al, 2014, p.7]

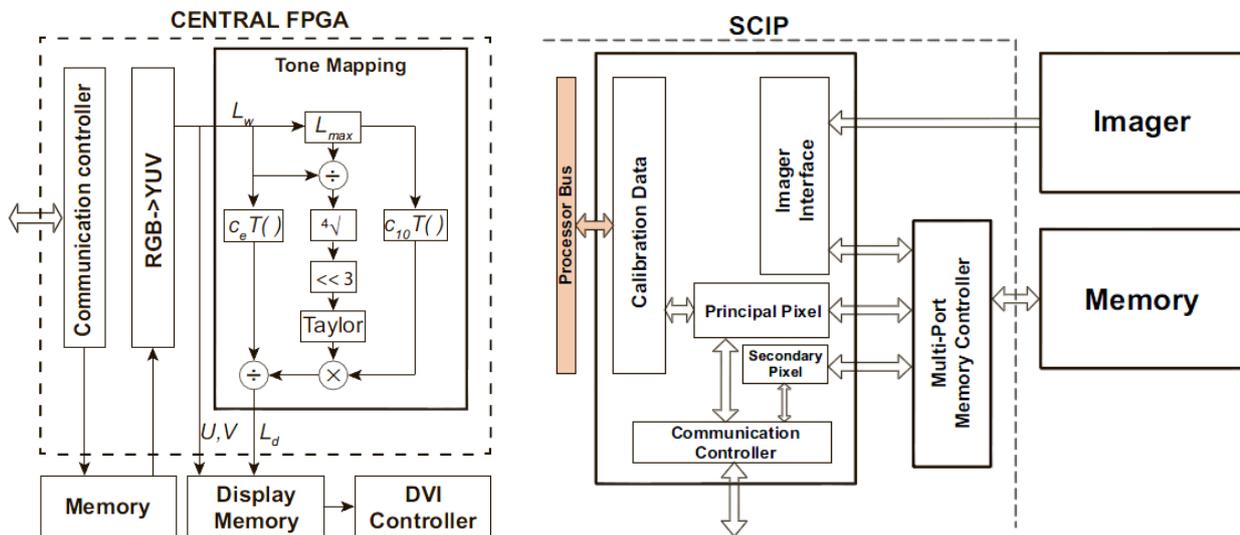


Рис. 5. Схема многокамерной системы панорамной съемки с расширенным динамическим диапазоном (а) состав центрального PLD;(b) состав вспомогательного PLD [Popovic et al, 2014, p.8]

Fig. 5. (a) The circuit of central PLD [Popovic et al, 2014, p.8]

Разработанная система отвечает всем заданным требованиям: работает в режиме реального времени, имеет расширенный динамический диапазон, а также позволяет вести съемку с частотой кадров 25 кадров в секунду, используя дешевые аналоговые камеры. [Popovic et al, 2014]

### Система многокамерной панорамной съемки типа «паноптикум» с высокой частотой съемки на базе PLD

Система паноптикум (лат. “Всевидающий”) представляет собой полусферу с распределенными по поверхности сферы камерами, каждая из которых имеет свое поле зрения и фокальную плоскость обзора. Такое устройство панорамной съемки позволяет записывать любую информацию об объектах, находящихся вокруг ее центра. В данной системе, для совмещения изображений используются алгоритмы нестандартного Гауссова совмещения и ограниченного Гауссова совмещения. [Popovic et al, 2014a, p.1-4] Данные алгоритмы позволяют повысить выходное качество панорамного изображения по сравнению со стандартными алгоритмами склейки изображений по перекрывающемуся полю зрения.

Аппаратная часть системы базируется на PLD, что позволяет использовать озвученные алгоритмы в режиме реального времени. В качестве фотосенсоров камер выступают CMOS-сенсоры, с выраженной фокальной плоскостью, рис. 6. Двумя основными преимуществами этих камер являются выигрыш в требованиях к памяти, для хранения снимков и времени совмещения изображений в единую панораму. [Popovic et al, 2014a]

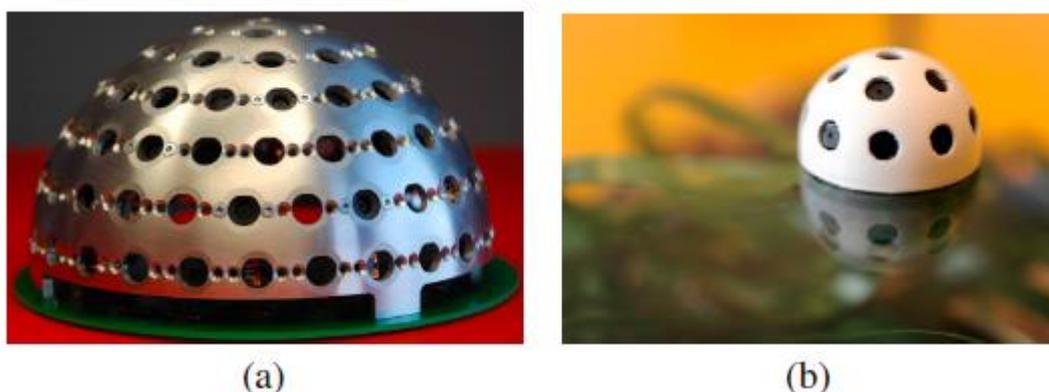


Рис. 6. Вид сбоку камеры системы Паноптикум (а) диаметр 129 мм на 104 камеры и (b) диаметр 30 мм на 15 камер [Popovic et al, 2014a, p.3]  
 Fig. 6. Rear view of Panopticum system (a) – diameter 129 mm, amount of photo sensors 104 (b) diameter 30 mm, amount of photo sensors 15 [Popovic et al, 2014a, p.3]

По сравнению с классическими методами получения панорамных изображений путем перекрывающихся полей зрения камер, которые требуют информацию 8, 5 или 4 размерностей, камеры системы Паноптикум для совмещения использует только информацию об интенсивности света, попадающего на фотосенсоры, т.к. для визуализации панорамы используются специальные параметры калибровки [Popovic et al, 2014a].

Основой аппаратной части является PLD XILINX Virtex5 XC5VLX50-1FF1153C FPGA (FPGA – программируемая пользователем вентильная матрица ППВМ). Данный элемент позволяет обрабатывать данные, поступающие с камер в режиме реального времени. К PLD подключается двенадцати мегапиксельные камеры PIXELPLUS PO4010N single-chip Common Intermediate Format (CIF, 352×288) с углом обзора в 66 градусов. Они выдают на выход 16 битное изображение в формате RGB. Также в PLD заложены алгоритмы, позволяющие учитывать их реальное геометрическое расположение в пространстве для построения правильного панорамного изображения. Количество подключаемых к одному PLD камер зависит от количества имеющихся интерфейсов, для увеличения количества камер возможно использование стекирования PLD. Для улучшения масштабирования системы используются специальные выходы для низковольтной дифференциальной передачи сигналов, которые позволяют использовать последовательные интерфейсы на основе витой пары для подключения дополнительных камер и других устройств. Для быстрой передачи данных из системы Паноптикум на ПК используются USB интерфейс 2.0. В качестве оперативной памяти используются платы SRAM 36 Мегабайт, работающие на частоте 167 Меггерц. Максимальная пропускная способность такой памяти составляет 3 Гигабита в секунду. На рис. 7 изображена схема панорамной съемки Паноптикум. [Popovic et al, 2014a]

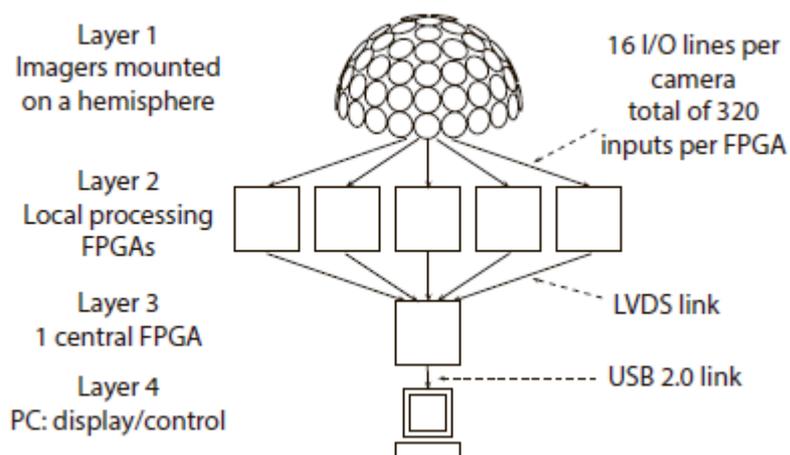


Рис. 7. Структурная схема системы Паноптикум [Popovic et al, 2014a, p.5]  
 Рис. 7. Block diagram of the Panoptic system [Popovic et al, 2014a, p.5]

Используя современные алгоритмы совмещения изображений и продвинутую аппаратную часть система Паноптикум позволяет осуществлять качественную и быструю съемку панорамных

изображений. Однако система требует доработки в виду наличия “призраков” близкорасположенных объектов. Требуется доработка алгоритмов, использующихся для совмещения изображений в панораму.

### Заключение

Проведя анализ представленных систем панорамной съемки, были обнаружены их недостатки, и определены особенности построения оптически-мехатронной и программно-аппаратной части.

Рассмотрев все представленные варианты различных систем панорамной съемки можно сделать вывод о том, что архитектура системы панорамной съемки должна представлять из себя модульную структуру, обеспечивающую легкое наращивание элементов построенную на базе специализированных систем (ПЛИС, ППВМ). Таким образом, основываясь на информации собранной ранее, можно обобщенно представить масштабируемую архитектуру для построения системы панорамной съемки – рис. 8.



Рис. 8. Архитектура системы панорамной съемки  
Рис. 8. Architecture of panorama shooting system

Модуль фотофиксации состоит из КМОП фотосенсора и объектива, состоящего из массива линз. Для получения глубины изображения необходимо производить одновременную съемку с различными фокусными расстояниями, что уменьшает эффективное разрешение матрицы фотосенсора в  $i$  раз ( $i$  количество изображений с различным фокусным расстоянием) однако позволяет масштабировать изображение после съемки, т.е. создавать эффект перемещения в трехмерном пространстве. Данные с модуля поступают на локальный блок ППВМ на котором выполняется первичная обработка данных фотофиксации.

Локальные блоки ППВМ выполняют роль первичного сбора и преобразования изображений, полученных с модулей фотофиксации. От количества подключенных модулей фотофиксации зависит объем подключаемой ОЗУ. Объем ОЗУ на один модуль фотофиксации зависит от разрешающей способности фотосенсора и количества кадров с разными точками фокусировки. В данном модуле производится первичное преобразование информации, поступившей от фотосенсора из формата RGB в формат YUV, для уменьшения битового объема информации, используемой для совмещения изображений в панораму. Кроме того, происходит первичное совмещение изображений, полученных с 1 по N модуль фотофиксации в «малую» панораму. Затем данные передаются на центральный блок.

Центральный блок формирования панорамного изображения является сердцем системы и выполняет функции контроля, сбора и преобразования информации, полученной от локальных модулей ППВМ и совмещения полученных изображений по специально сформированному алгоритму в панорамное изображение. Полученные «малые» панорамы от M локальных блоков ППВМ

совмещаются в единое панорамное изображение и преобразуются в формат, пригодный для восприятия человеком YUV -> RGB. При необходимости выполняется сохранение изображений на флеш памяти. Персональный компьютер является одним из основных элементов системы. ПК выполняет несколько ролей:

Прием (через сетевой или графический интерфейс) и вывод панорамного изображения посредством монитора;

Управление и изменение параметров и режимов работы системы панорамной съемки.

С помощью протокола TCP/IP возможно передавать информацию, полученную в результате съемки на удаленные терминалы по сети Интернет.

Стоит также отметить, что представляют интерес алгоритмы совмещения изображений, реализованные на основе субполосных представлений [Жиляков и др., 2014]

Работа выполнена при финансовой поддержке на основе соглашения о предоставлении субсидии № 14.581.21.0003 от 29.09.2014 г. в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы».

### Список литературы References

Szeliski R. 1994. Image mosaicing for tele-reality applications. Proceedings of the second IEEE workshop on applications of computer vision. 44–53.

Schechner Y., Nayar S. 2001. Generalized mosaicing. Proceedings of IEEE international conference on computer vision. 17–24.

Afshari, H., Akin A., Popovic V., Schmid A., Leblebici Y. 2012. Real-time FPGA implementation of linear blending vision reconstruction algorithm using a spherical light field camera. IEEE workshop on signal processing systems. 49–54.

Brown M., Lowe D. 2007. Automatic panoramic image stitching using invariant features. International Journal of Computer Vision. 74(1). 59–73.

Sen Ma, Yuanyuan Shang. 2011. Design of Panoramic Mosaic Camera Based on FPGA Using Optimal Mosaic Algorithm Journal of Computers. 6(7): 1378-1385.

Popovic V., Kerem S. 2014. Multi-camera platform for panoramic real-time HDR video construction and rendering Journal of Real-Time Image Processing. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11554-014-0444> (accessed on 20 Aug 2015)

Popovic V., Kerem S. 2014. Image Blending in a High Frame Rate FPGA-based Multi-Camera System. Journal of Signal Processing Systems. 76(2). 169-184.

Жиляков Е.Г., Черноморец А.А., Болгова Е.В. 2014. О разложении изображений по собственным векторам субполосных матриц. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 15(186): 185-189.

Zhilyakov E.G., Chernomorets A.A., Bolgova E.V. 2014. O razlozhenii izobrazheniy po sobstvennyim vektoram subpolosnyih matrix. [About the expansion of the image the eigenvectors matrix subband] Nauchnyie vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Informatika. 15 (186): 185-189. (In Russian)



УДК 621.396.01

## ОБ ИССЛЕДОВАНИИ СУБПОЛОСНЫХ СВОЙСТВ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

### ABOUT RESEARCH OF EARTH SURFACE IMAGES SUBBAND PROPERTIES

**А.А. Черноморец, Е.В. Болгова**  
**A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
 Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85*

*Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

*e-mail: chernomorets@bsu.edu.ru, bolgova\_e@bsu.edu.ru*

**Аннотация.** В статье приведены вычислительные эксперименты по оценке субполосных свойств изображений земной поверхности, которые показывают, что сосредоточенность энергии различных изображений может иметь существенно различающиеся значения. Проведенный анализ распределения долей энергий изображений в подобластях пространственных частот показывает, что имеются отдельные подобласти, в которых практически отсутствует энергия изображений, что может быть использовано в задачах обработки изображений.

**Resume.** The paper presents the computational experiments to evaluate subband properties of Earth surface images, which show that the energy concentration of different images can have significantly different values. The analysis of the distribution of images energies in subdomains of spatial frequencies shows that there are some subdomains in which there is practically no image energy that can be used in image processing tasks.

**Ключевые слова:** субполосная матрица, подобласть пространственных частот, изображения земной поверхности, доли энергии.

**Keywords:** subband matrix, subdomain spatial frequencies, earth's surface image, shares of energy

В настоящее время для решения различных экономических и научных задач требуется обработка изображений земной поверхности (ИЗП). Данные изображения используются при планировании работ в сельском хозяйстве, геологии, определении направлений деятельности в области охраны окружающей среды, предотвращения и ликвидации стихийных бедствий и др. Для обоснованного выбора методов обработки ИЗП следует предварительно изучить их свойства.

Опыт показывает, что для многих задач обработки изображений адекватной математической основой служат частотные представления [Р. Гонсалес, 2006; В.А. Сойфер, 2003]

$$f_{ik} = \iint_{-\pi-\pi}^{\pi-\pi} F^{\Phi}(u, v) \exp(ju(i-1)) \exp(jv(k-1)) dudv / (4\pi^2), \quad (1)$$

где  $j$  – мнимая единица ( $j^2 = -1$ );  $F(u, v)$  – частотная характеристика, в качестве которой наиболее часто используется трансформанта Фурье  $F^{\Phi}(u, v)$ ,

$$F^{\Phi}(u, v) = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M f_{ik} \exp(-ju(i-1)) \exp(-jv(k-1)), \quad (2)$$

где  $f_{ik}$ ,  $i=1,2,\dots,N$ ,  $k=1,2,\dots,M$ , – значения изображения  $\Phi = \{f_{ik}\}$  в соответствующих пикселях;  $u, v$  – пространственные частоты (ПЧ).

При этом многие задачи анализа и синтеза можно решать, используя разбиение области определения трансформант Фурье

$$-\pi \leq u < \pi, \quad -\pi \leq v < \pi, \quad (3)$$

на ряд подобластей пространственных частот (ППЧ)  $V_{sr}$ ,  $s=1,2,\dots,S$ ,  $r=1,2,\dots,R$ , [Жилияков, Е.Г., 2010] так что (1) принимает вид

$$f_{ik} = \frac{1}{4\pi^2} \sum_{s=1}^S \sum_{r=1}^R \iint_{(u,v) \in V_{sr}} F^{\Phi}(u, v) \exp(ju(i-1)) \exp(jv(k-1)) dudv, \quad (4)$$

где

$$V_{sr} = \{ (u \in [-u_{s2}, -u_{s1}] \cup [u_{s1}, u_{s2}]) \cap (v \in [-v_{r2}, -v_{r1}] \cup [v_{r1}, v_{r2}]) \}, \quad (5)$$

$$s = 1, 2, \dots, S, \quad r = 1, 2, \dots, R,$$

$$u_{11} = 0, \quad u_{s,2} = \pi, \quad u_{s+1,1} = u_{s,2},$$

$$v_{11} = 0, \quad v_{R,2} = \pi, \quad v_{r+1,1} = v_{r,2}.$$

Совокупность величин  $|F^\Phi(u, v)|^2$  в области определения трансформант Фурье (3) принято называть [Р. Гонсалес, 2006] энергетическим спектром изображения.

В работе [Черноморец А.А., 2010] было введено понятие доли  $P_{sr}$  энергии изображения  $\Phi = (f_{ik})$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $k = 1, 2, \dots, M$ , в отдельной подобласти ПЧ  $V_{sr}$  вида (5),  $s = 1, 2, \dots, S$ ,  $r = 1, 2, \dots, R$ ,

$$P_{sr} = \frac{1}{4\pi^2} \iint_{(u,v) \in V_{sr}} |F^\Phi(u, v)|^2 dudv / \|\Phi\|^2, \quad (6)$$

где  $\|\Phi\|^2$  – энергия изображения  $\Phi$ .

Также в [Черноморец А.А., 2010] было показано, что используя равенство Парсеваля, можно вычислить точное значение доли  $P_{sr}$  энергии изображения  $\Phi = (f_{ik})$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $k = 1, 2, \dots, M$ , в отдельной подобласти ПЧ  $V_{sr}$  вида (5),  $s = 1, 2, \dots, S$ ,  $r = 1, 2, \dots, R$ , на основе следующего соотношения:

$$P_{sr} = \frac{tr(A_s \Phi B_r \Phi^T)}{tr(\Phi \Phi^T)}, \quad (7)$$

где  $\Phi$  – матрица исходного изображения, функция «tr» – след матрицы,  $A_s$  и  $B_r$  – соответствующие подобласти  $V_{sr}$  субполосные матрицы, размерности  $N \times N$  и  $M \times M$  соответственно, элементы которых вычисляются на основании соотношений, приведенных в [Жилияков Е.Г., 2009].

В работе [Черноморец А.А., 2011] для случая разбиения области ПЧ (3) на равновеликие подобласти вида (5) введено понятие частотной сосредоточенности  $C_m$  для доли  $m$  энергии изображения как отношение минимального количества  $l_m$  подобластей ПЧ, в которых сосредоточено  $m \cdot 100$  процентов энергии изображения, к общему числу подобластей ПЧ,

$$0 < m \leq 1, \quad (8)$$

$$C_m = \frac{l_m}{SR}. \quad (9)$$

Алгоритм определения указанного минимального количества  $l_m$  подобластей ПЧ приведен в [Черноморец А.А., 2011].

Обозначим,  $M_m$  – множество подобластей ПЧ, соответствующих указанному количеству  $l_m$ . Подобласти ПЧ, входящие в множество  $M_m$ , в работе [Жилияков Е.Г., 2011] названы информационными подобластями пространственных частот.

Применение указанных понятий позволяет построить процедуры анализа субполосных свойств изображений земной поверхности, под которыми будем понимать характерные особенности в распределении долей энергий изображений в подобластях ПЧ, которые можно использовать при решении различных задач обработки изображений, например, при внедрении данных.

Размерность анализируемых изображений выбрана равной  $256 \times 256$  пикселей, разбиение области ПЧ было осуществлено на  $64 \times 64$  подобласти ПЧ. Выбор указанных параметров не снижает общности полученных результатов.

Анализ разбиения осуществлен на основании значений элементов матрицы долей энергий изображений в соответствующих подобластях ПЧ, а также на основании графиков, отображающих значения элементов матрицы долей энергий, которые расположены на различных строках, столбцах и диагоналях данной матрицы.

Экспериментальные исследования распределения значений долей энергии изображения, приведенного на рис. 1, выполнены с целью демонстрации наличия подобластей ПЧ, соответствующих относительно большим значениям долей энергии изображений, и подобластей ПЧ, которым соответствуют доли энергии значительно меньшие по значению, и которыми при решении различных задач обработки изображений можно пренебречь. Анализируемые изображения были выбраны так, чтобы соответствующие частотные сосредоточенности (9) энергии имели существенно различные значения.

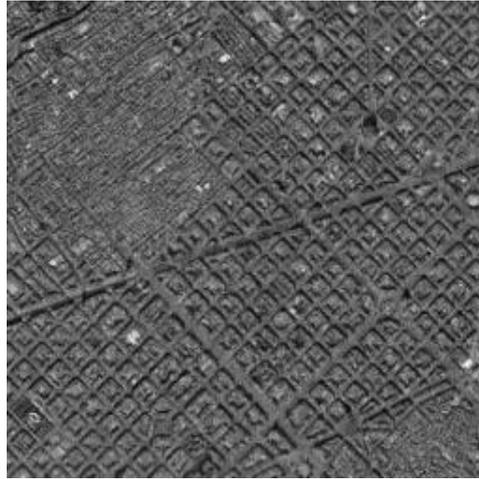


Рис. 1. Исходное изображение (И1)

Fig. 1. The original image (I1)

Для изображения И1 (рис. 1) отдельные фрагменты матрицы  $P = (P_{sr})$ ,  $s = 1, 2, \dots, 64$ ,  $r = 1, 2, \dots, 64$ , содержащей значения долей энергии, вычисленные при разбиении области ПЧ на  $64 \times 64$  равновеликих подобласти, приведены в табл. 1–3.

Таблица 1

Table 1

Доли  $P_{sr}$  энергии изображения И1 в ППЧ  $V_{sr}$  ( $S = R = 64$ ,  $s = 1, 2, \dots, 12$ ,  $r = 1, 2, \dots, 8$ )

The shares  $P_{sr}$  of image energy I1 in SSF  $V_{sr}$  ( $S = R = 64$ ,  $s = 1, 2, \dots, 12$ ,  $r = 1, 2, \dots, 8$ )

s \ r	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,15E-02	4,22E-03	3,06E-03	1,23E-03	9,96E-04	9,08E-04	9,45E-04	1,25E-03
2	3,60E-03	2,04E-03	1,82E-03	1,69E-03	1,30E-03	1,06E-03	1,05E-03	9,76E-04
3	2,72E-03	2,09E-03	1,38E-03	1,76E-03	1,18E-03	1,66E-03	6,98E-04	8,66E-04
4	1,56E-03	2,39E-03	1,87E-03	1,96E-03	1,08E-03	1,00E-03	7,69E-04	9,35E-04
5	1,39E-03	2,31E-03	1,05E-03	1,19E-03	1,42E-03	7,01E-04	1,28E-03	1,10E-03
6	1,51E-03	2,47E-03	5,01E-04	9,25E-04	1,33E-03	1,48E-03	1,90E-03	9,09E-04
7	9,06E-04	9,27E-04	1,38E-03	1,84E-03	1,35E-03	1,47E-03	7,21E-03	6,28E-03
8	1,62E-03	1,11E-03	9,11E-04	9,90E-04	1,20E-03	1,60E-03	3,93E-03	2,83E-03
9	1,12E-03	1,16E-03	1,12E-03	8,29E-04	1,03E-03	1,30E-03	1,36E-03	1,25E-03
10	6,93E-04	7,50E-04	6,98E-04	1,30E-03	1,10E-03	1,06E-03	1,49E-03	9,63E-04
11	9,88E-04	8,95E-04	1,06E-03	1,79E-03	7,50E-04	8,18E-04	9,81E-04	1,51E-03
12	1,94E-03	2,04E-03	1,32E-03	1,99E-03	8,86E-04	1,38E-03	6,59E-04	9,21E-04

Таблица 2

Table 2

Доли  $P_{sr}$  энергии изображения И1 в ППЧ  $V_{sr}$  ( $S = R = 64$ ,  $s = 26, 27, \dots, 37$ ,  $r = 26, 27, \dots, 33$ )

The shares  $P_{sr}$  of image energy I1 in SSF  $V_{sr}$  ( $S = R = 64$ ,  $s = 26, 27, \dots, 37$ ,  $r = 26, 27, \dots, 33$ )

s \ r	26	27	28	29	30	31	32	33
26	1,43E-03	4,31E-04	3,96E-04	2,74E-04	1,78E-04	3,21E-04	2,23E-04	1,02E-04
27	5,39E-04	1,03E-03	9,46E-04	5,29E-04	2,16E-04	4,51E-04	1,89E-04	1,60E-04
28	4,68E-04	4,44E-04	4,21E-03	2,10E-03	2,13E-04	2,12E-04	3,04E-04	2,55E-04
29	2,96E-04	3,25E-04	3,91E-04	1,03E-03	7,89E-04	1,18E-04	2,15E-04	1,58E-04
30	2,34E-04	2,48E-04	3,49E-04	5,38E-04	5,62E-04	2,12E-04	1,31E-04	1,38E-04
31	4,07E-04	1,36E-04	1,58E-04	1,68E-04	1,83E-04	2,80E-04	1,20E-04	1,20E-04
32	4,12E-04	3,74E-04	1,97E-04	2,79E-04	1,64E-04	1,56E-04	1,31E-04	2,08E-04
33	2,07E-04	2,25E-04	4,19E-04	1,45E-04	1,25E-04	1,13E-04	1,68E-04	2,04E-04
34	1,81E-04	2,40E-04	4,22E-04	3,56E-04	1,42E-04	1,84E-04	1,37E-04	1,89E-04
35	1,49E-04	1,60E-04	1,32E-04	1,23E-04	1,13E-04	1,85E-04	9,72E-05	1,37E-04
36	1,65E-04	1,22E-04	1,80E-04	1,53E-04	1,01E-04	1,39E-04	1,73E-04	1,09E-04
37	1,42E-04	2,14E-04	1,32E-04	8,52E-05	9,94E-05	3,69E-04	2,54E-04	1,55E-04

Таблица 3  
Table 3

Доли  $P_{sr}$  энергии изображения И1 в ППЧ  $V_{sr}$  ( $S = R = 64$ ,  $s = 53,54, \dots, 64$ ,  $r = 57,58, \dots, 64$ )  
The shares  $P_{sr}$  of image energy I1 in SSF  $V_{sr}$  ( $S = R = 64$ ,  $s = 53,54, \dots, 64$ ,  $r = 57,58, \dots, 64$ )

$s \backslash r$	57	58	59	60	61	62	63	64
53	3,20E-05	1,03E-05	1,62E-05	1,73E-05	1,12E-05	1,49E-05	1,83E-05	1,73E-05
54	2,84E-05	1,68E-05	1,41E-05	2,20E-05	1,47E-05	5,99E-06	1,65E-05	1,64E-05
55	1,02E-05	1,31E-05	9,97E-06	1,40E-05	1,94E-05	1,96E-05	9,59E-06	1,10E-05
56	9,70E-06	1,94E-05	1,24E-05	1,55E-05	1,51E-05	2,06E-05	2,83E-05	2,14E-05
57	2,01E-05	1,35E-05	2,02E-05	1,52E-05	1,11E-05	1,34E-05	1,22E-05	1,84E-05
58	9,61E-06	1,95E-05	1,93E-05	5,82E-06	1,34E-05	8,74E-06	1,16E-05	1,57E-05
59	1,29E-05	9,01E-06	1,10E-05	1,32E-05	1,12E-05	1,06E-05	1,07E-05	1,72E-05
60	2,01E-05	1,81E-05	1,36E-05	9,13E-06	7,75E-06	1,13E-05	1,52E-05	1,16E-05
61	1,31E-05	6,95E-06	1,82E-05	1,37E-05	1,01E-05	1,10E-05	2,30E-05	9,52E-06
62	1,47E-05	8,89E-06	1,69E-05	1,29E-05	7,74E-06	1,41E-05	1,67E-05	7,54E-06
63	1,78E-05	6,35E-06	1,14E-05	1,13E-05	9,08E-06	1,09E-05	1,66E-05	1,06E-05
64	1,49E-05	1,12E-05	1,38E-05	1,94E-05	1,42E-05	9,91E-06	9,04E-06	1,40E-05

Данные, приведенные в табл. 1–3, показывают, что подобластям  $V_{ik}$ ,  $i = 1,2, \dots, 9$ ,  $k = 1,2, \dots, 7$ , (табл. 1) соответствуют значительные доли энергии изображения И1 (рис. 1). При этом в подобластях  $V_{ik}$ ,  $i, k = 26,27,28,29$ , (табл. 2) сохраняются относительно большие значения долей энергии, что указывает на наличие на изображении характерных периодически повторяющихся линий; подобластям  $V_{ik}$ ,  $i = 53,54, \dots, 64$ ,  $k = 57,58, \dots, 64$ , (табл. 3) соответствуют доли энергии значительно меньшие по значению, чем в подобластях, приведенных в табл. 1, что позволяет пренебречь данными значениями при осуществлении различных операций по обработке изображений, например, фильтрации и внедрении данных.

Для более наглядного анализа распределения значений долей энергии изображения И1 (рис. 1) можно использовать приведенные на рис. 2 в виде диаграмм значения, соответствующие различным строкам, столбцам и диагоналям матрицы  $P = (P_{sr})$ ,  $s = 1,2, \dots, 64$ ,  $r = 1,2, \dots, 64$ , долей энергии.

Данные, приведенные на рис. 2, позволяют визуально проанализировать распределение различных значений долей энергии. Так, например, в первой строке (рис. 2) наглядно показано наличие относительно больших (подобласти  $V_{1,1} - V_{1,30}$ ) и малых (подобласти  $V_{1,45} - V_{1,64}$ ) значений долей энергии изображения И1.

Аналогичные результаты анализа распределения значений долей энергии получены и для других изображений, что указывает на возможность применения долей энергии для анализа изображений.

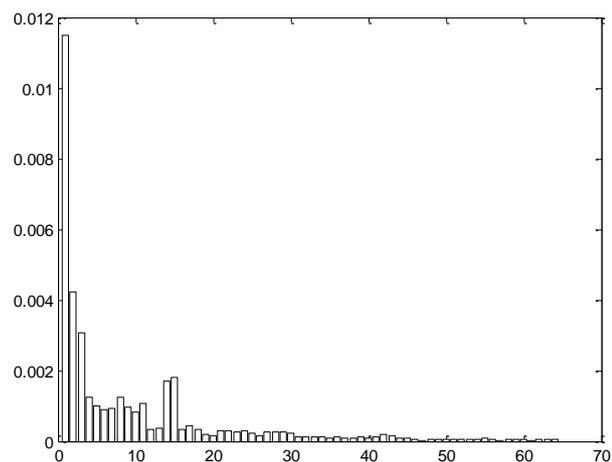
Следующие результаты вычислительных экспериментов показывают возможность применения для анализа изображений значений долей энергии, полученных при разбиении области ПЧ на различное количество подобластей. Различные разбиения области ПЧ на подобласти позволяют выполнить анализ изображений с различной степенью детализации их частотных свойств.

На рис. 3 приведены диаграммы значений долей энергии изображения И1, приведенного на рис. 1, при разбиении области ПЧ на  $64 \times 64$ ,  $32 \times 32$ ,  $16 \times 16$  и  $8 \times 8$  равновеликих ППЧ. Для повышения наглядности значение доли энергии в подобласти (значительно превышающее другие значения) на диаграммах не отображено.

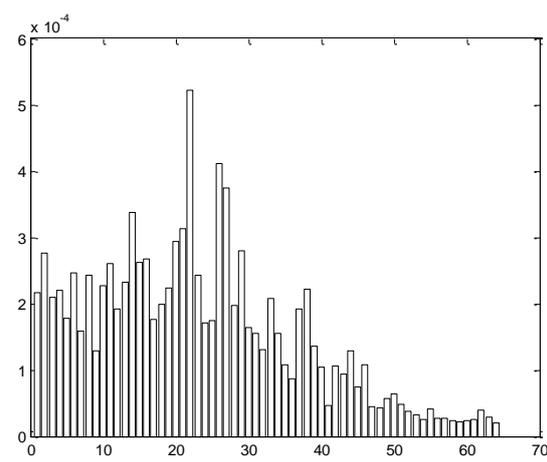
Данные, приведенные на рис. 3, наглядно показывают наличие относительно больших и малых значений долей энергии в различных ППЧ и позволяют с различной степенью детализации анализировать их распределение в области ПЧ.

Аналогичные результаты были получены и для других изображений.

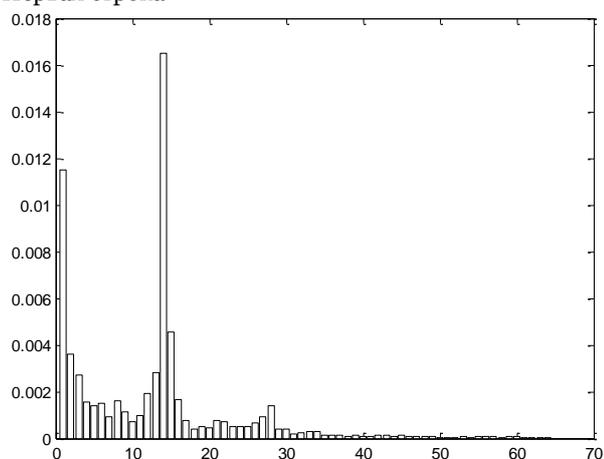
Следующие экспериментальные исследования проведены с целью определения значений сосредоточенности (9) энергии изображений при различных значениях доли энергии в зависимости от количества подобластей ПЧ.



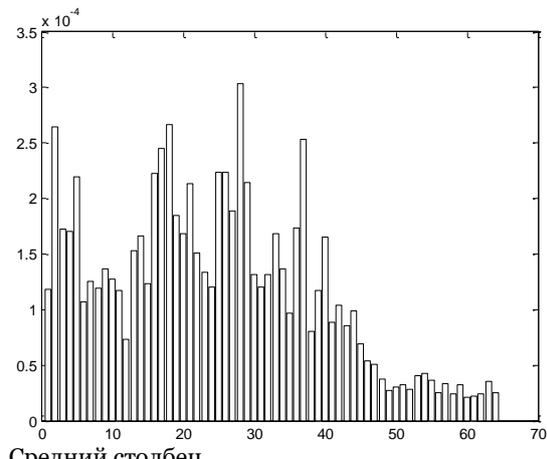
Первая строка



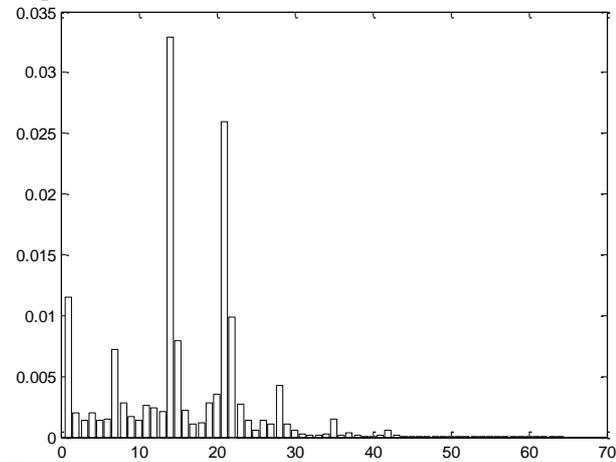
Средняя строка



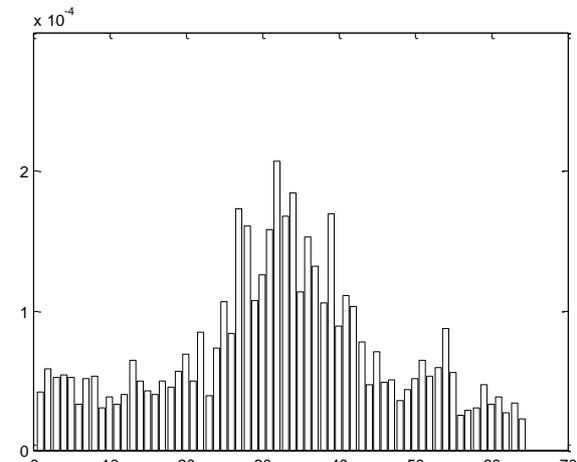
Первый столбец



Средний столбец



Главная диагональ



Побочная диагональ

Рис. 2. Доли энергии изображения И1, соответствующие отдельным элементам матрицы долей энергии  
 Fig. 2. Shares of image energy I1 corresponding to the individual elements of the energy shares matrix

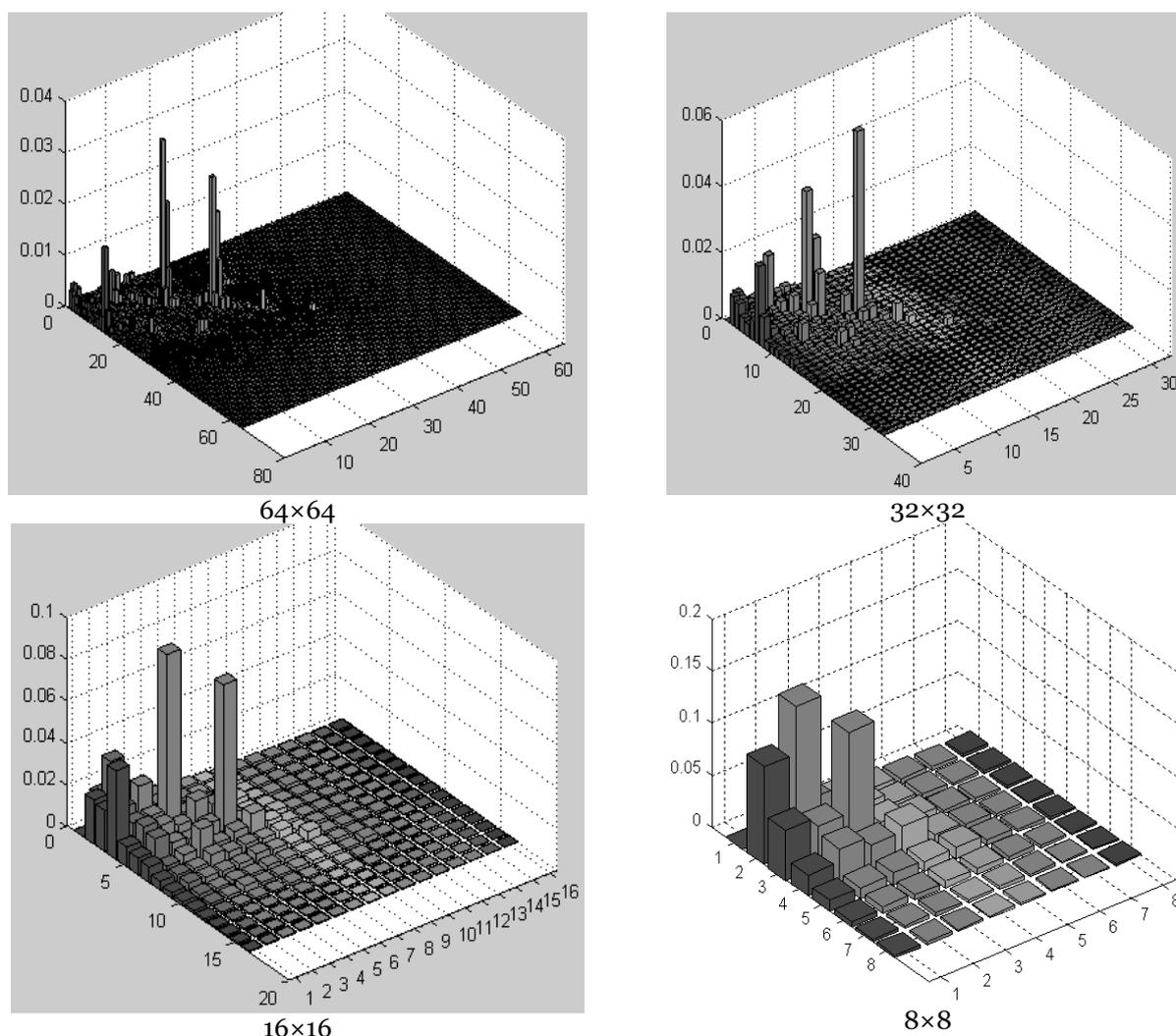


Рис. 3. Распределение долей энергии изображения И1 при различных разбиениях области ПЧ  
 Fig. 3. The distribution of the image I1 energy shares in different decompositions of the SF field

Для изображения И1 (рис. 1) сосредоточенность определена при значениях доли  $m=0,94\pm 0,99$  энергии изображения при разбиении области ПЧ на  $64\times 64$  равновеликих подобластей. На рис. 4 информационные подобласти ПЧ, определяющие значение сосредоточенности и соответствующие заданным значениям доли энергии изображения, отображены серым цветом.

Изображения подобластей, приведенные на рис. 4, показывают, что можно указать такие изображения земной поверхности, для которых информационными является подавляющее большинство подобластей ПЧ, что необходимо учитывать, например, при решении задач фильтрации и внедрения данных.

В табл. 4 приведены соответствующие рис. 4 значения сосредоточенности  $C$  энергии изображения И1 и соответствующее количество  $N_I$  информационных подобластей ПЧ для различных значений  $m$  и при различном разбиении области ПЧ на  $S\times R$  подобластей.

Таблица 4  
 Table 4

**Сосредоточенность энергии изображения И1 и количество информационных подобластей ПЧ**  
**Energy concentration of image I1 and the amount of information subdomains of SF**

$m$	$S=R$	8		16		32		64	
		$C$	$N_I$	$C$	$N_I$	$C$	$N_I$	$C$	$N_I$
0,99		0,891	57	0,875	224	0,871	892	0,862	3532
0,98		0,797	51	0,793	203	0,787	806	0,775	3173
0,97		0,734	47	0,723	185	0,716	733	0,703	2881
0,96		0,672	43	0,660	169	0,654	670	0,643	2633
0,95		0,625	40	0,609	156	0,602	616	0,590	2417
0,94		0,578	37	0,563	144	0,555	568	0,544	2227

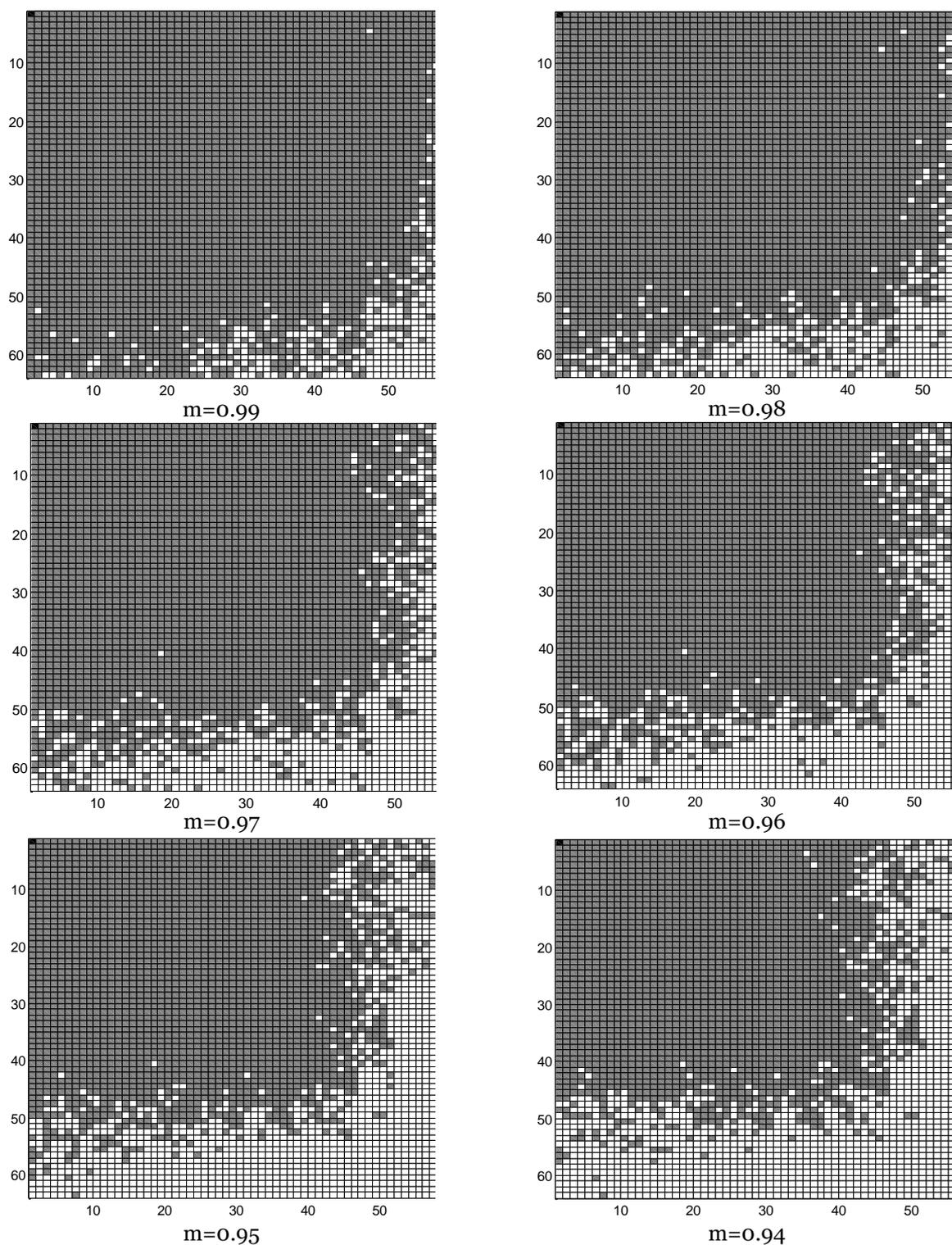


Рис. 4. Информационные подобласти ПЧ, соответствующие заданным значениям доли  $m$  энергии изображения И1  
 Fig. 4. Information subdomains of SF corresponding to given values of the share  $m$  of image I1 energy

Из табл. 4 видно, что на значение сосредоточенности энергии изображения практически не оказывает влияние увеличение числа  $S$  подобластей ПЧ, на которые разбивается область ПЧ. Эксперименты также показали, что для изображения И1 при уменьшении величины доли  $m$  энергии изображения соответствующие значения сосредоточенности и количество информационных подобластей уменьшаются незначительно, что не позволяет иметь широкий выбор ППЧ, например, для внедрения данных.

На основании данных, приведенных в табл. 4, построены отображенные на рис. 5 графики значений сосредоточенности энергии изображения в зависимости от доли  $m$  энергии указанных изображений при различных значениях количества  $S$  подобластей ПЧ.

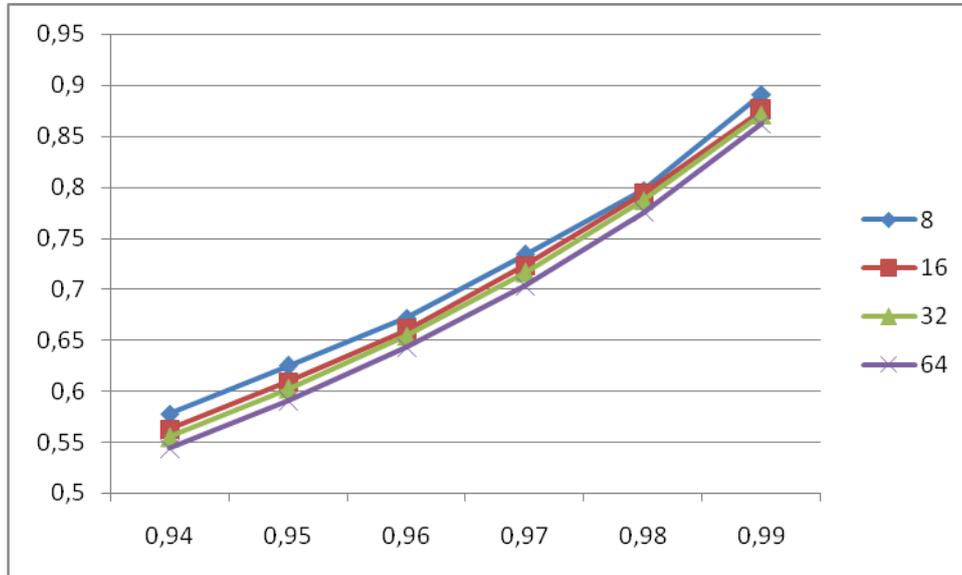


Рис. 5. Сосредоточенность энергии изображения И1  
Fig. 5. Energy concentration of image I1

Данные, приведенные в табл. 4, а также на рис. 5, показывают, что сосредоточенность энергии не превышает 0,9 для изображения И1 при значении доли энергии  $m=0.99$ .

В ходе проведения вычислительных экспериментов были выполнены аналогичные эксперименты с различными изображениями земной поверхности. Следует отметить, что подобные распределения значений сосредоточенности энергии характерны для большинства исследованных изображений.

Результаты экспериментов показали, что сосредоточенность энергии различных изображений может иметь существенно различающиеся значения, что, например, может влиять на объем внедряемых в изображения данных. Полученные результаты вычислительных экспериментов могут служить основой (рекомендациями) для выделения информационных компонент изображений, например, при решении задач фильтрации и внедрения данных.

Проведенный анализ распределения долей энергий изображений в подобластях ПЧ также показал, что имеются отдельные подобласти ПЧ, в которых практически отсутствует энергия изображений, что может быть использовано в задачах обработки изображений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-07-01570.

### Список литературы References

- Гонсалес Р., Вудс Р. 2006. Цифровая обработка изображений. М., Техносфера, 1072.  
Gonzalez R, Woods R. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij [Digital image processing] Moscow, Tehnosfera, 1072. (in Russian)
- Сойфер В.А. 2003. Методы компьютерной обработки изображений. М., ФИЗМАТЛИТ, 784.  
Sojfer V.A. 2003. Metody komp'juternoj obrabotki izobrazhenij [Methods of computer image processing] Moscow, FIZMATLIT, 784. (in Russian)
- Жиляков Е.Г., Черноморец А.А. 2010. О частотном анализе изображений. Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. 1: 94-103.  
Zhilyakov E.G., Chernomorets A.A. 2010 O chastotnom analize izobrazhenij [About frequency image analysis] Voprosy radiojelektroniki. Ser. JeVT. 1: 94-103. (in Russian)
- Черноморец А.А., Иванов О.Н. 2010. Метод анализа распределения энергий изображений по заданным частотным интервалам. Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика. 19(90): 161-166.  
Chernomorets A.A., Ivanov O.N. 2010. Metod analiza raspredelenija jenergij izobrazhenij po zadannym chastotnym intervalam. Nauchnye vedomosti BelGU. Istorija Politologija Jekonomika Informatika [Method of analysis of image energy distribution in specified frequency intervals. Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]. 19(90): 161-166. (in Russian)



Жиляков Е.Г., Черноморец А.А., Заливин А.Н. 2009. Об эффективности метода оценивания значений долей энергии изображений на основе частотных представлений. Известия ОрелГТУ. Информационные системы и технологии. № 2/52 (563): 12-22.

Zhilyakov E.G., Chernomorets A.A., Zalivin A.N. 2009. Ob jeffektivnosti metoda ocenivaniya znachenij dolej jenerгии izobrazhenij na osnove chastotnyh predstavlenij. Izvestija OrelGTU. Informacionnye sistemy i tehnologii [On efficiency of the estimation method of image energy parts values on the basis of frequency representations. Izvestija Orel State Technical University. Information Systems and Technologies] 2/52 (563): 12-22. (in Russian)

Черноморец А.А. Голощапова В.А., Лысенко И.В., Болгова Е.В. 2011. О частотной концентрации энергии изображений. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 1 (96): 146-151.

Chernomorets A.A., Goloschapova V.A., Lysenko I.V., Bolgova E.V. 2011. O chastotnoj koncentracii jenerгии izobrazhenij. Nauchnye vedomosti BelGU. Istorija Politologija Jekonomika [On frequency concentration of image energy. Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]. 1(96): 146-151. (in Russian)

Жиляков Е.Г., Черноморец А.А., Голощапова В.А. 2011. Реализация алгоритма внедрения изображений на основе использования неинформационных частотных интервалов изображения-контейнера // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. 1(4): 96-104.

Zhilyakov E.G., Chernomorets A.A., Goloschapova V.A. 2011. Realizacija algoritma vnedrenija izobrazhenij na osnove ispol'zovanija neinformacionnyh chastotnyh intervalov izobrazhenija-kontejnera [Computer Implementation of the Image Embedding Algorithm Based on Non-Informative Frequency Intervals of Container Image] Voprosy radiojelektroniki. Ser. JeVT. 1(4): 96-104. (in Russian)

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Акимова О.Е.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры мировой экономики и экономической теории Волгоградского государственного технического университета.  
г. Волгоград
- Андрущак С.В.** – аспирант кафедры технологии стекла и керамики. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
г. Белгород
- Аничин В.Л.** – доктор экономических наук, профессор кафедры организации и управления Белгородского государственного аграрного университета имени В.Я. Горина.  
г. Белгород
- Антошкина В.В.** – аспирант Кубанского государственного университета.  
г. Краснодар
- Бабаринов С.Л.** – аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Базарбаева Т.И.** – магистрант кафедры мировой экономики и экономической теории Волгоградского государственного технического университета.  
г. Волгоград
- Беседин П.В.** – доктор технических наук, профессор кафедры технологии стекла и керамики. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
г. Белгород
- Болгова Е.В.** – аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Васильев П.В.** – кандидат технических наук, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Герасименко О.А.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента организации Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Желябовский А.Ю.** – аспирант кафедры организации и управления Белгородского государственного аграрного университета имени В.Я. Горина.  
г. Белгород
- Жиляков Е.Г.** – доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, заведующий кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, руководитель УНИК «Информационно-коммуникационные системы и технологии» Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Жихарев А.Г.** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Капустин А.В.** – студент кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Киризева А.С.** – кандидат экономических наук, доцент Донецкого государственного университета управления.  
г. Донецк
- Кондратенко А.А.** – аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород



- Куделина Д.В.** – преподаватель кафедры электроснабжения Юго-Западного государственного университета.  
г. Курск
- Курбатова Ю.А.** – аспирант кафедры мировой экономики и экономической теории Волгоградского государственного технического университета.  
г. Волгоград
- Лихолоб П.Г.** – старший преподаватель кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Ломовцева О.А.** – доктор экономических наук, профессор кафедры менеджмента организации Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Маторин С.И.** – доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Махота А.С.** – студент кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Медведева А.А.** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Михелев В.М.** – кандидат технических наук, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Морозова И.А.** – доктор экономических наук, профессор кафедры мировой экономики и экономической теории Волгоградского государственного технического университета, зам.декана по научной работе.  
г. Волгоград
- Никулина Е.В.** – кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой экономики Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Оганесян Л.Л.** – кандидат экономических наук, доцент Южного института менеджмента.  
г. Краснодар
- Парфенова Е.Н.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента организации Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Петриченко В.Г.** – преподаватель кафедры общеобразовательных дисциплин. Северо-Кавказский филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет правосудия»  
г. Краснодар
- Петриченко Г.С.** – кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры маркетинга и управления предприятием. Кубанский государственный технологический университет  
г. Краснодар
- Петров Д.В.** – старший преподаватель кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Пигнастый О.М.** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры компьютерного мониторинга и логистики Национального Технического Университета «ХПИ».  
Украина, г. Харьков

- Погорелова А.Ю.** – ассистент кафедры мировой экономики и экономической теории Волгоградского государственного технического университета.  
г. Волгоград
- Прохоренко Е.И.** – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Прядко С.Н.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента организации Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Рябцева Я.Н.** – студент кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Савотченко С.Е.** – доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры естественно-математического образования и информационных технологий ОГАОУ ДПО «Белгородский институт развития образования».  
г. Белгород
- Селюков М.В.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры социальных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Смирнов А.В.** – младший научный сотрудник института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН.  
г. Сыктывкар
- Тхориков Б.А.** – кандидат социологических наук, доцент, зав. кафедрой менеджмента организации Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Фоменко Е.В.** – кандидат географических наук, доцент Кубанского социально-экономического института.  
г. Краснодар
- Цапков А.Н.** – начальник отдела оборота земель сельскохозяйственного назначения департамента имущественных и земельных отношений Белгородской области.  
г. Белгород
- Черноморец А.А.** – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород
- Шаховская Л.С.** – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой мировой экономики и экономической теории Волгоградского государственного технического университета.  
г. Волгоград
- Щепилова Д.В.** – аспирант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.  
г. Белгород