

№7 (62) 2009

Выпуск 10/1

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:**

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Белгородский государственный университет»

**Издатель:**

Белгородский государственный  
университет.  
Издательство БелГУ

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору за соблюдением  
законодательства  
в сфере массовых коммуникаций  
и охране культурного наследия  
Свидетельство о регистрации средства массовой  
информации ПИ № ФС77-21121 от 19 мая 2005 г.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ  
ЖУРНАЛА**

Главный редактор

**Дятченко Л.Я.**

ректор Белгородского государственного  
университета, доктор социологических наук,  
профессор

Зам. главного редактора

**Давыденко Т.М.**

проректор по научной работе Белгородского  
государственного университета, доктор  
педагогических наук, профессор

Ответственный секретарь

**Московкин В.М.**

заместитель по инновационной  
деятельности проректора по научной  
работе Белгородского государственного  
университета, доктор географических наук,  
профессор кафедры мировой экономики

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ  
СЕРИИ ЖУРНАЛА**

Председатель редколлегии

**Дятченко Л.Я.**

ректор Белгородского государственного  
университета, доктор социологических наук,  
профессор

Главный редактор

**Шатовалов В.А.**

доктор исторических наук, профессор  
(Белгородский государственный университет)

Заместители главного редактора

**Жуляков Е.Г.**

доктор технических наук, профессор  
(Белгородский государственный университет)

**Ломовцева О.А.**

доктор экономических наук, профессор  
(Белгородский государственный университет)

**Шатохин И.Т.**

кандидат исторических наук, доцент  
(Белгородский государственный университет)

**Шилов В.Н.**

доктор философских наук, профессор  
(Белгородский государственный университет)

Ответственный секретарь

**Василенко В.В.**

кандидат исторических наук  
(Белгородский государственный университет)

## НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

Белгородского государственного университета

История Политология Экономика  
Информатика

Belgorod State University

Scientific Bulletin

History Political science Economics  
Information technologies

### СОДЕРЖАНИЕ

#### РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

Перспективы развития инвестиционной привлекательности  
региона (на примере республики Северная Осетия – Алания).

**Э.К. Дзасохова, В.К. Доев 5**

Концептуальные основы управления социально-  
экономическим развитием муниципального образования:  
информационная составляющая. **Е.С. Юсова 13**

Роль информатизации в современных аспектах жизнедея-  
тельности органов местного самоуправления.

**Е.А. Салихов 18**

Прогнозирование последствий чрезвычайных ситуаций  
в современной России. **А.А. Вакарёв 23**

#### ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ

Реструктуризация выплат по ипотечному кредиту.

**М.Ф. Тубольцев, В.И. Болтенков 31**

Взаимодействие профессиональных участников системы ипо-  
течного кредитования в России на примере ипотечных брокер-  
ов. **Д.П. Васильева 37**

Инновационный потенциал вузов как фактор конкурентности  
экономического развития. **М.В. Владыка 44**

Управление циклом создания нового продукта как бизнес-  
процессом. **Н.В. Грачева 55**

#### РЫНОК ТРУДА И ЭКОНОМИКА ОБРАЗОВАНИЯ

Количественное определение уровня безработицы на рынке  
труда Белгородской области. **А.В. Костыря 62**

Современная трудовая миграция населения стран Централь-  
ной Азии в Россию. **У.Ж. Эрғешбаев 74**

#### ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ

Создание интегрированной системы бухгалтерского и налогово-  
го учета на российских предприятиях. **Л.А. Зимакова 82**

#### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Применение моделей топофункций в геоинформационных  
системах. **Е.Г. Жуляков, Б.А. Татаринovich 92**

Алгоритм сжатия алфавитной информации с адаптацией для  
криптосистем. **В.Г. Потёмкин, Н.И. Корсунов 101**

Об эффективности метода оптимальных обратимых субинтер-  
вальных преобразований изображений на основе частотных  
представлений. **А.А. Черноморец, И.И. Чижов,**

Члены редколлегии

**Абрамзон М.Г.**, доктор исторических наук, профессор (Магнитогорский государственный университет)

**Амоша А.И.**, доктор экономических наук, профессор, академик НАН Украины (Институт экономики промышленности НАН Украины, г. Донецк)

**Болгов Н.Н.**, доктор исторических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Глухова А.В.**, доктор политических наук, профессор (Воронежский государственный университет)

**Давнис В.В.**, доктор экономических наук, профессор (Воронежский государственный университет)

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

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

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

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

**Лобанов К.Н.**, доктор политических наук, доцент (Белгородский юридический институт МВД России)

**Лялин В.Е.**, доктор экономических наук, профессор, (Ижевский государственный технический университет)

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

**Матросова Л.Н.**, доктор экономических наук, профессор (Луганский национальный педагогический университет им. Т. Шевченко)

**Молев Е.А.**, доктор исторических наук, профессор (Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

**Нустратуллин В.К.**, доктор экономических наук, профессор (Башкирский государственный аграрный университет)

**Павлов К.В.**, доктор экономических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Посохов С.И.**, доктор исторических наук, профессор (Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина)

**Пушкарева И.М.**, доктор исторических наук, старший научный сотрудник (Институт российской истории Российской академии наук)

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

**Флигинских Т.Н.**, доктор экономических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Шихвердиев А.П.**, доктор экономических наук, профессор (Сыктывкарский государственный университет)

**Шагин Э.М.**, доктор исторических наук, профессор (Московский педагогический государственный университет)

**И.В. Лысенко, К.А. Маренов 108**

Модели вычислений с однозначным покрытием.

**В.Е. Хачатрян, Я.Г. Великая 116**

О свойствах собственных векторов субполосных матриц. **А.А. Черноморец, Е.И. Прохоренко, В.А. Голощатова 122**

Оценка потерь полезного компонента при морфологическом анализе изображений геоструктур. **П.В. Васильев 129**

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

Исследование возможности применения аппарата теории выбора для организации управления автотранспортными потоками. **С.В. Белокуров, В.И. Сумин 134**

Адаптивное управление экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса. **И.С. Константинов, О.А. Иващук 140**

Использование инвариантов при моделировании финансовых потоков. **М.Ф. Тубольцев 146**

Научно-методический аппарат решения системно-экономических задач по многоуровневой системе критериев.

**С.Н. Маликов, А.П. Игнатьев 152**

Методы параметрического синтеза для электронного документооборота в мультисервисной сети связи органов государственной власти Московской области. **Н.Н. Тютин, О.Н. Чванин 161**

## ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Оптимальные канальные сигналы при цифровой передаче с частотным уплотнением. **Е.Г. Жиликов, С.П. Белов, Д.В. Урсол 166**

О новом методе компрессии речевых сигналов на основе преобразования. **И.И. Чижов, Т.Н. Созонова 173**

Об использовании микроконтроллеров для обработки речевых сигналов. **В.В. Муромцев, А.В. Курлов 181**

Основанные на вейвлетах гистограммы для оценки селективности запросов. **А.М. Логвинов, Ю.Е. Поленова, Г.А. Травин, М.Г. Травин 185**

Исследование особенностей комбинированной обработки сложных сигналов с линейной частотной модуляцией.

**С.П. Белов, Д.Н. Ушаков, И.А. Старовойт 192**

**Сведения об авторах 199**

**Информация для авторов 202**

Оригинал-макет **В.В. Василенко, Н.Ю. Пыленко**

E-mail: [vasilenko\\_v@bsu.edu.ru](mailto:vasilenko_v@bsu.edu.ru)

Подписано в печать 23.06.2009

Формат 60×84/8

Гарнитура Georgia, Impact

Усл. п. л. 23,94

Тираж 1000 экз.

Заказ 143.

Подписные индексы в каталоге агентства

«Роспечать» – 18078,

в объединенном каталоге

«Пресса России» – 39723

Оригинал-макет тиражирован

в издательстве Белгородского государственного университета

Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

**№ 7(62) 2009  
Issue 10/1**

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:  
State educational establishment of higher professional education  
"Belgorod State University"

Publisher:  
Belgorod State University  
BSU Publishing house

The journal is registered in Federal service of control over law compliance in the sphere of mass media and protection of cultural heritage

Certificate of registration of mass media  
ПИ № ФС 77-21121 May, 19 2008.

Editorial board of journal  
Editor-in-chief:  
*L.J. Djatchenko*  
Rector of Belgorod State University, doctor of sociological sciences, professor

Deputy of editor-in-chief:  
*T.M. Davydenko*  
Vice-rector for scientific research of Belgorod state university, doctor of pedagogical sciences, professor

Assistant editor:  
*V.M. Moskovkin*  
Doctor of geographical sciences, professor of world economy department

Editorial board of journal series  
Chairman of editorial series:  
*L.J. Djatchenko*  
Rector of Belgorod State University, doctor of sociological sciences, professor

Editor-in-chief:  
*V.A. Shapovalov*  
Doctor of historical sciences, Professor (Belgorod State University)

Deputies of editor-in-chief:  
*E.G. Zhilyakov*  
Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State University)  
*O.A. Lomovtseva*  
Doctor of economical sciences, Professor (Belgorod State University)  
*I.T. Shatohin*  
Candidate of historical sciences, Associate professor (Belgorod State University)  
*V.N. Shilov*  
Doctor of philosophical sciences, Professor (Belgorod State University)

Editorial Assistant:  
*V.V. Vasilenko*  
Candidate of historical sciences (Belgorod State University)

Members of editorial board:  
*M.G. Abramzon*, Doctor of historical sciences, Professor (Magnitogorsk State University)  
*A.I. Amosha*, Doctor of economical sciences, Professor, Academician of Ukrainian National Academy of Sciences (Institute of economy of industry of Ukrainian National Academy of Sciences, Donetsk)

# Belgorod State University Scientific Bulletin History Political science Economics Information technologies

## НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БелГУ

## История Политология Экономика Информатика

### CONTENTS

#### REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

Perspectives of investments` attraction development in the region (on the example of Republic of North Ossetia – Alania).

***E.K. Dzasokhova, V.K. Doev 5***

Conceptual background of socio-economic development control of public education: information content. ***E.S. Yusova 13***

Information technologies role in activities of local government. ***E.A. Salikhov 18***

Emergencies` consequences iprognostication in contemporary Russia. ***A.A. Vakaryov 23***

#### INVESTMENT AND INNOVATIONS

Re-structuring payments under hypothecary credit.

***M.F. Tuboltsev, V.I. Boltenkov 31***

Interactions of professional participants of system of mortgage crediting in Russia on the example of mortgage brokers.

***D.P. Vasilieva 37***

Innovation potential of universities as a factor of economy progress. ***M.V. Vladyka 44***

Management of new product creation cycle as business-process ***N.V. Gracheva 55***

#### LABOUR MARKET AND ECONOMICS OF EDUCATION

Quantitative definition of unemployment level in the labour market of Belgorod region. ***A.V. Kostyrya 62***

Contemporary labor migration of the population of Central Asia ***U.J. Ergeshbaev 74***

#### PUBLIC AND BUSINESS FINANCE

Creating integrate system of accounting and tax count on a Russian enterprise. ***L.A. Zimakova 82***

#### COMPUTER SIMULATION

Application of topofunctions models in geoinformation systems.

***E.G. Zhilyakov, B.A. Tatarinovich 92***

Algorithm of compression of the alphabetic information with adaptation for cryptosystems. ***V. G. Potemkin, N.I. Korsunov 101***

On efficiency of the optimal reversible subinterval image transformation method on the basis of frequency representations. ***A.A. Chernomorets, I.I. Chizhov, I.V. Lysenko, K.A. Marenov 108***

Models of calculations with unequivocal covering. ***V.E. Khachatryan, Y.G. Velikaya 116***

About properties of subband matrices eigenvectors. ***A.A. Chernom-***



*N.N. Bolgov*, Doctor of historical sciences, Professor (Belgorod State University)  
*A.V. Glukhova*, Doctor of political sciences, Professor (Voronezh State University)  
*V.V. Davnis*, Doctor of economical sciences, Professor (Voronezh State University)  
*V.D. Dmitrenko*, Doctor of technical sciences, Professor (Kharkov National Technical 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 Technological University named by V.G. Shuhov)  
*O.P. Litovka*, Doctor of geographical sciences, Professor (Institute of regional economy problems of Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg)  
*K.N. Lobanov*, Doctor of political sciences, Associate professor (Belgorod Juridical Institute of Ministry of Home Affairs of Russian Federation)  
*V. E. Lyalin*, Doctor of economical sciences, Professor (Izhevsk State Technical University)  
*S.I. Matorin*, Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State University)  
*L.N. Matrosova*, Doctor of economical sciences, Professor (Lugansk National Pedagogical University named by T. Shevchenko)  
*E.A. Molev*, Doctor of historical sciences, Professor (Nizhniy Novgorod State University named by N.I. Lobachevskiy)  
*V.K. Nustratullin*, Doctor of economical sciences, Professor (Bashkiria State Agrarian University)  
*K.V. Pavlov*, Doctor of economical sciences, Professor (Belgorod State University)  
*S.I. Posokhov*, Doctor of historical sciences, Professor (Kharkov National University named after V.N. Karazin, Ukraine)  
*I.M. Pushkareva*, Doctor of historical sciences, Senior scientific worker (Institute of Russian History of Russian Academy of Sciences)  
*V.G. Rubanov*, Honoured Science Worker of Russian federation, Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State Technological University named by V.G. Shuhov)  
*T.N. Fliginskikh*, Doctor of economical sciences, Professor (Belgorod State University)  
*A.P. Shihverdiev*, Doctor of economical sciences, Professor (Syktyvkar State University)  
*E.M. Shagin*, Doctor of historical sciences, Professor (Moscow State Pedagogical University)

Dummy layout by V.V. Vasilenko, N.Y. Pylenko  
 e-mail: vasilenko\_v@bsu.edu.ru

Passed for printing 23.06.2009  
 Format 60x84/8  
 Typeface Georgia, Impact  
 Printer's sheets 23,94  
 Circulation 1000 copies  
 Order 143.  
 Subscription reference  
 in Rospechat' agency catalogue – 18078,  
 In joint catalogue Pressa Rossii – 39723

Dummy layout is replicated at Belgorod State University Publishing House  
 Address: 85, Pobedy str., Belgorod, Russia, 308015

**morets, E.I. Prokhorenko, V.A. Goloschapova 122**  
 Evaluation of Mining Losses and Component Dilutions with Morphological Image Analysis of Geological Structures. **P.V. Vassiliev 129**

#### SYSTEM ANALYSIS AND MANAGEMENT

Probing of possibility of application of the means of the decision theory for the handle organization motor transportation streams.

**S.V. Belokurov V.I. Sumin 134**  
 Adaptive management of ecological safety Industrial and transport complex. **I.S. Konstantinov, O.A. Ivashchuk 140**  
 Using of invariants at modelling of financial streams.

**M.F. Tuboltsev 146**  
 The scientifically-methodical device of the decision of system-economic problems on multilevel system of criteria. **S.N. Malikov, A.P. Ignatyev 152**  
 Methods of parametrical synthesis for electronic document circulation in multiservice communication networks of public authorities of Moscow Region. **N.N. Tyutin, O.N. Chvanin 161**

#### INFORMATION TECHNOLOGIES AND TELECOMMUNICATION

Optimal channel signals for digital transmission with frequency multiplexing. **E.G. Zhilyakov, S.P. Belov, D.V. Ursol 166**  
 The new method of speech compression based on decimation.

**I.I. Chizhov, T.N. Sozonova 173**  
 About usage of microcontrollers for processing of speech waveforms. **V.V. Muromtsev, A.V. Kurlov 181**  
 Wavelet-Based histograms in query selectivity estimation. **A.M. Logvinov, Yu.E. Polenova, G.A. Travin, M.G. Travin 185**  
 Research of features of the combined treatment of difficult signals with linear frequency modulation. **S.P. Belov, D.N. Ushakov, I.A. Starovoit 192**

**Information about Authors 199**

**Information for Authors 202**



---

# РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

---

УДК 336.71(075.8)

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНА (на примере республики Северная Осетия – Алания)

**Э.К. ДЗАСОХОВА**  
**В.К. ДОЕВ**

*Северо-Осетинский государственный  
университет им. К.Л. Хетагурова*

*e-mail: naira-m@yandex.ru*

В статье авторы исследуют роль инвестиции в устойчивом развитии региона на уровне муниципального образования. В частности, речь идет о важнейшей составляющей инвестиционной привлекательности конкурентоспособности (природные ресурсы, квалифицированные кадры, капитал, инфраструктура).

Ключевые слова: инвестиции, инвестиционная привлекательность, устойчивое развитие региона.

---

Важнейшей составляющей экономического роста является наращивание капитала, основой которого являются инвестиции. Они способствуют качественным и количественным трансформациям капитала за счет новых вложений средств. Именно вложения, направленные на формирование капитала с целью получения дохода в будущем, составляют экономический смысл инвестиций<sup>1</sup>.

Поскольку масштаб привлечения инвестиций в тот или иной регион и инвестиционная активность в значительной мере обусловлены инвестиционной привлекательностью, при проведении анализа современного состояния и, в особенности, при обосновании перспективы инвестиционного обеспечения регионов в рыночных условиях целесообразна и актуальна оценка привлекательности российских территорий для частного инвестирования<sup>2</sup>.

Каждый из российских регионов рассматривается через призму формирования его конкурентоспособности, заложить фундамент которой призваны инвестиции в основной капитал – масштабные инвестиции как в новые технологии производства, так и в региональную социальную сферу. Другими словами, инвестиционная привлекательность российских регионов рассматривается в исследовании как важный компонент их конкурентоспособности на глобальных и межрегиональных рынках<sup>3</sup>. Наиболее существенные региональные конкурентные преимущества или, наоборот, слабости в конкурентных позициях, с точки зрения оценки перспективы привлечения

---

<sup>1</sup> Бланк И.А. Инвестиционный менеджмент: учебный курс. Киев, 2001.

<sup>2</sup> Золотагаров В.Г. Инвестиционная привлекательность России. Ростов-на-Дону, 2006.

<sup>3</sup> Ермакова Н.Б. Государственные и муниципальные финансы: Учебное пособие для вузов. М., 2004.

частных инвесторов, выявляются позиционированием регионов в системе инвестиционно значимых факторов.

В состав частных факторов (показателей) <sup>4</sup>, используемых для определения интегрального уровня инвестиционной привлекательности регионов России (X), входят 17 различных характеристик производственно-финансового потенциала регионов (уровень и темп развития промышленного производства, уровень развития малого предпринимательства, объем внутренних инвестиционных ресурсов предприятий и экспорта продукции, обеспеченность регионов автомобильными и железными дорогами); характеристики социального потенциала регионов (уровень жизни населения, уровень развития розничного товарооборота и сферы платных услуг населению, обеспеченность населения легковыми автомобилями); характеристики природно-географического потенциала регионов (природные запасы минерально-сырьевых ресурсов и географическое положение по отношению к внешнеторговым выходам России); показатели регионального инвестиционного риска (доля малоимущего населения, уровень безработицы, уровень экологической загрязненности и неблагоприятности климата для проживания, степень угрозы осуществления террористических актов).

Критерием отнесения того или иного частного фактора инвестиционной привлекательности к числу конкурентных преимуществ или, наоборот, конкурентных отставаний того или иного региона является его количественная оценка <sup>5</sup>. Так, к региональным конкурентным преимуществам относятся такие факторы инвестиционного потенциала региона, по которым региональное значение превышает средне-российский уровень более чем в 1,2 раза, а также такие факторы инвестиционного риска в регионе, по которым региональное значение составляет менее 0,8 от средне-российского уровня. Соответственно, к региональным конкурентным отставаниям относятся такие факторы инвестиционного потенциала региона, по которым региональное значение составляет менее 0,8 от средне-российского уровня, и такие факторы инвестиционного риска в регионе, по которым региональное значение превышает средне-российский уровень более чем в 1,2 раза.

Все регионы России распределились по семи группам в соответствии с уровнем своей инвестиционной привлекательности (табл. 1).

Таблица 1

**Группировка субъектов федерации по уровню текущей инвестиционной привлекательности** (по данным за 2006-2007 гг.;  
средний уровень по стране принят за 1,0) <sup>6</sup>

Группы регионов по уровню текущей инвестиционной привлекательности	Количество регионов		Регионы (в порядке убывания показателя)
	в группе	в % от общего числа	
1	2	3	4
I группа: очень высокий (от 1,5)	4	5	Ямало-Ненецкий АО, Ханты-Мансийский АО, Ненецкий АО, Чукотский АО
II группа: высокий (от 1,2 до 1,5)	13	16	Мурманская обл., г. Москва, Сахалинская обл., г. Санкт-Петербург, Белгородская обл., Астраханская обл., Самарская обл., Калининградская обл., Ленинградская обл., Респ. Коми, Курская обл., Респ. Карелия, Московская обл.

<sup>4</sup> Гришина И.В. Частные инвестиции в основной капитал регионов России как объект исследования // Инвестиции в России. 2007. №10. С.3-18.

<sup>5</sup> Аньшин В.М. Инвестиционный анализ / Учебное пособие. М., 2004. С. 280.

<sup>6</sup> Гришина И.В. Частные инвестиции в основной капитал регионов России как объект исследования // Инвестиции в России. 2007. №10. С.7.



Окончание табл. 1

1	2	3	4
III группа: умеренно-повышенный (от 0,9 до 1,05)	14	17	Тюменская обл. (без АО), Оренбургская обл., Липецкая обл., Вологодская обл., Омская обл., Свердловская обл., Кемеровская обл., Респ. Татарстан, Челябинская обл., Респ. Саха (Якутия), Респ. Башкортостан, Хабаровский край, Пермский край, Нижегородская обл.
IV группа: средний (от 0,9 до 1,05)	16	19	Калужская обл., Псковская обл., Ростовская обл., Смоленская обл., Томская обл., Тульская обл., Архангельская обл., Магаданская обл., Новосибирская обл., Краснодарский край, Рязанская обл., Воронежская обл., Тверская обл., Приморский край, Камчатская обл., Новгородская обл.
V группа: умеренно-пониженный (от 0,75 до 0,9)	14	17	Красноярский край, Еврейская АО, Брянская обл., Ярославская обл., Удмуртская Респ., Респ. Хакасия, Орловская обл., Читинская обл., Иркутская обл., Алтайский край, Курганская обл., Амурская обл., Костромская обл., Тамбовская обл.
VI группа: низкий (от 0,6 до 0,75)	13	16	Волгоградская обл., Ульяновская обл., Пензенская обл., Владимирская обл., <b>Респ. Сев. Осетия</b> , Респ. Мордовия, Чувашская Респ., Саратовская обл., Ставропольский край, Респ. Бурятия, Ивановская обл., Кировская обл., Респ. Калмыкия
VII группа: очень низкий (до 0,6)	9	11	Респ. Марий Эл, Респ. Алтай, Кабардино-Балкарская Респ., Карачаево-Черкесская Респ., Респ. Адыгея, Респ. Тыва, Респ. Дагестан, Чеченская Респ., Респ. Ингушетия
Российская Федерация (1,00)	83	100	83

Так, в I и II группах, куда вошли регионы с уровнем инвестиционной привлекательности, существенно превышающим среднее значение (более чем на 0,2), сосредоточено в общей сложности 17 регионов (или 21% субъектов федерации), а в VI и VII группы, объединившие регионы с низким уровнем инвестиционной привлекательности (менее 0,75), вошло 22 региона (или 27% субъектов федерации).

В тоже время в три средние группы (III, IV и V), где сосредоточены регионы, обладающие уровнем инвестиционной привлекательности от 0,75 до 1,2, вошли 44 региона – более половины (53%) субъектов федерации; максимальное число регионов (16) попало при этом в срединную IV группу, объединив субъекты федерации, обладающие наиболее близкими к средне-российским региональными значениями интегрального показателя (от 0,9 до 1,05). Количество же регионов в остальных группах последовательно сокращается по мере удаления от центра в сторону как более высокого, так и более низкого значения.

Современный конкурентный облик группы регионов с низким уровнем инвестиционной привлекательности (от 0,6 до 0,75), в которую вошла VI группа, и, в частности, Северная Осетия, может быть охарактеризован следующим образом.

Прежде всего, необходимо отметить, что минерально-сырьевыми ресурсами среди регионов этой группы располагает республика Северная Осетия. К числу явных

конкурентных преимуществ регионов этой группы можно отнести относительно благоприятный для проживания климат, сочетающийся с низкой загрязненностью окружающей среды.

Сильным конкурентным преимуществом регионов этой группы является высокая обеспеченность автомобильными и железными дорогами.

У РСО-Алания – благоприятное географическое положение по отношению к внешнеторговым выходам России. Вместе с тем для РСО-Алания характерен невысокий объем промышленного производства (в 5 и 10 раз ниже среднего по стране), и растет он средним темпом.

Для регионов VI группы характерны незначительные инвестиционные ресурсы предприятий – в 2,5–5 раз ниже среднего по России. В них также ниже средне-российского уровень развития розничного товарооборота и сферы платных услуг населению. Объем экспорта ниже в 2–20 раз (особенно у республики Северная Осетия).

Во всех регионах VI группы невысок уровень деловой активности. Практически для всех характерно также сочетание слабого уровня развития малого предпринимательства (особенно у республики Северная Осетия) с невысоким уровнем жизни населения, включая его недостаточную обеспеченность легковыми автомобилями (ниже средне-российского уровня).

Что касается других показателей инвестиционного риска, в Северной Осетии сохраняется весьма высокая угроза осуществления террористических актов.

Во всех регионах, включенных в VI группу, низкая инвестиционная привлекательность, средне-групповое значение которой на 30% ниже среднего по России. Объясняется это как незначительным числом конкурентных преимуществ (3,5 при среднем в 4,9), так и значительным числом конкурентных отставаний (10, что в 1,4 раза больше, чем в среднем по стране) <sup>7</sup>.

Анализ производственно-экономического потенциала республики Северная Осетия позволяет оценить его как недостаточно высокий, но способный к динамичному развитию при реализации комплекса соответствующих мер по стимулированию (табл. 2).

Таблица 2

**Оценка устойчивости социально-экономического развития  
республики Северная Осетия**

Показатели по укрупненным группам	Пороговое значение в мировой практике	Величина показателя развития в период 2003-2008 гг.
1	2	3
<b>Экономическая подсистема</b>		
1. Уровень падения ВРП по отношению к базовому уровню (1991 г.)	30-40%	63,61%
2. Уровень падения промышленного производства	30-40%	49%
3. Снижение объема продукции сельского хозяйства	20-40%	60,3%
4. Уровень производственной зависимости (доля потребляемых импортных продуктов питания)	30-35%	48%
5. Доля в экспорте продукции обрабатывающей промышленности	45%	14%
6. Доля в экспорте высокотехнологичной продукции	10-15%	3%
7. Ассигнования на науку, в % к ВВП	2%	0,02%

<sup>7</sup> Раицкий К.А. Устойчивое развитие экономики // Бизнес Академия. 2002. №1(11). С. 2-12.



Окончание табл. 2

1	2	3
Социальная подсистема		
1. Соотношение минимальной и средней заработной платы	1:3	1:18
2. Децильный коэффициент (отношение доходов 10% наиболее богатых к доходам 10% наиболее бедных)	10:1	15:1
3. Доля населения, живущего за чертой бедности	10%	20,7%
4. Уровень безработицы (с учетом скрытой)	8-10%	32%
Демографическая подсистема		
1. Коэффициент депопуляции (отношение числа умерших к числу родившихся)	1,0	1,3
2. Суммарный коэффициент рождаемости (среднее число детей, рожденных женщинами в фертильном возрасте)	2,14-2,15	1,9
3. Средняя продолжительность жизни населения		63 года
Экологическая подсистема		
1. Природоохранные затраты на экологию, в % к ВРП	5%	0,08%
Девиантное поведение		
1. Уровень преступности (количество преступлений на 100 тыс. населения)	5-6 тыс.	0,8-1,1 тыс.

Анализ показателей развития региональной экономики свидетельствует о том, что за исследуемый промежуток времени наблюдался стабильный рост доходов и расходов бюджета Республики Северная Осетия, ориентированных на решение лишь социальных задач. Реализация же основной проблемы – достижение устойчивого экономического развития в виде экономического роста и ВРП на длительную перспективу – не наблюдается. Причиной этого является уменьшение совокупных денежных поступлений непосредственно в производственные отрасли экономики Республики Северная Осетия.

На возможности региона существенное влияние оказывают внутренние и внешние факторы, среди которых можно выделить две разновидности. Одна из них обусловлена позитивными возможностями региона, другая – необходимостью нейтрализации определенных опасностей, то есть факторов риска. На основе проведенного анализа состояния и тенденций развития социально-экономической устойчивости Республики Северная Осетия выявлены его сильные и слабые стороны, которые создают предпосылки для формирования варианта стратегии устойчивого развития.

Сильные стороны (внутренние факторы) рассматриваются как конкурентные преимущества, на базе которых может быть основана долгосрочная стратегия устойчивого развития экономики и социальной сферы Республики Северная Осетия. К ним относятся:

1. Выгодное экономико-географическое положение для осуществления экспорта продукции (близость к морским и аэропортам, наличие развитой сети железных и автомобильных дорог). Близость Краснодарского края – огромного по емкости рынка, кооперация с предприятиями края.
2. Благоприятные почвенно-климатические условия для развития сельского хозяйства.
3. Значительный промышленный потенциал (пищевая и перерабатывающая индустрии, лесная и деревообрабатывающая промышленности).
4. Наличие широких возможностей для развития туризма и отдыха.

Слабые стороны – это действующие факторы, снижающие эффективность проводимой органами государственной власти Республики Северная Осетия экономической и социальной политик. К ним относятся:

1. Низкая инвестиционная привлекательность республики, отсутствие внутренних ресурсов для поддержания инвестиций на необходимом уровне.
2. Ухудшение качества земель сельскохозяйственного назначения.
3. Низкий уровень освоения отдельных видов природных ресурсов (леса, минеральные воды, цветные металлы и др.).
4. Высокая степень физического и морального износа основных фондов предприятий и организаций (более 60%).
5. Относительно низкий уровень квалификации рабочей силы. Высокий уровень скрытой безработицы (более 12%).
6. Дотационность бюджета республики (более 60%).
7. Средний уровень бедности населения и высокая степень дифференциации его доходов.

Угрозы представляют собой отрицательные факторы, которые реально могут затормозить темпы экономического и социального развития региона. Формально эти факторы не зависят от действий органов государственной власти республики. Однако их правильная оценка и принятие упреждающих мер на федеральном и межрегиональном уровнях по инициативе и при участии органов исполнительной и законодательной власти республики могут реально снизить их негативный эффект. К ним следует отнести:

1. Близость республики к зонам политической нестабильности в регионах Северного Кавказа и Закавказья.
2. Угроза снижения объёмов поступающих инвестиций из-за низкой инвестиционной привлекательности республики.
3. Неэффективность существующего механизма финансового оздоровления предприятий и организаций.
4. Неразвитость фондового рынка.
5. Недостаточный уровень государственного регулирования миграционных процессов.

Оценка возможностей Республики Северная Осетия имеет, в основном, положительный вектор, определяемый, в частности, политикой федерального центра и складывающейся конъюнктурой межрегиональных рынков. К основным положениям для разработки стратегии развития республики следует отнести:

1. Снижение налогового бремени на товаропроизводителей и создание условий для легализации бизнеса на основе государственной фискальной политики.
2. Дебюрократизация экономики, формирование благоприятного предпринимательского и инвестиционного климата, выравнивание условий конкуренции.
3. Выравнивание уровня бюджетной обеспеченности регионов и муниципальных образований, входящих в их состав.
4. Повышение качества жизни населения.

При анализе процесса формирования стратегии устойчивого социально-экономического развития региона предлагается опираться на ряд основополагающих принципов, соблюдение которых призвано обеспечить объективность и реалистичность намечаемых действий. К таким принципам можно отнести:

1. Системный подход к региону как к целостному объекту развития.
2. Определение приоритетных направлений развития региона.
3. Четкое распределение функций и полномочий между органами федерального и регионального управления.
4. Использование индикативного планирования и прогнозирования для реализации предусмотренных стратегией направлений развития.
5. Органическое сочетание государственного регулирования и рыночных механизмов в достижении целей социально-экономического развития региона.
6. Оценка и анализ степени устойчивого развития региональных систем, направленные на выявление сфер социально-экономических отношений в регионе,

динамика развития которых не носит устойчивого характера. При этом важнейшим фактором является экологическая обстановка в регионе.

В целях повышения устойчивости развития региональных систем предлагается использовать организационно-экономический механизм управления предприятиями и организациями региона с элементами эколого-экономического подхода, в частности, экологического страхования.

Концепция устойчивого социально-экономического развития Республики Северная Осетия должна включать в себя следующие основные положения: Республика – оплот социального, межнационального и конфессионального согласия; взаимосвязь положений концепции с национальными проектами, федеральными программами, политикой федерального центра; последовательность в реализации поставленных целей и задач; развитие межрегиональных связей и кооперации, использование выгод геоэкономического положения; опережающее развитие отдельных территорий республики, значительное повышение уровня и качества жизни населения, ликвидация негативных тенденций в демографической ситуации, создание условий для гармоничного развития личности и формирования институтов гражданского общества.

Для привлечения инвестиций в экономику Республики РСО-Алания необходимо решение следующих задач: активизация роли государственных органов власти республики в организации инвестиционной деятельности; повышение инвестиционной и инновационной активности предприятий; привлечение финансовых ресурсов к инвестированию производства; трансформация сбережений населения в инвестиции; повышение инвестиционной привлекательности республики для отечественных и иностранных инвесторов.

Важнейшим стратегическим направлением устойчивого развития республики является рекреационно-туристическое.

Значительным конкурентным преимуществом Республики Северная Осетия, отличающим её от других российских регионов, является богатство и разнообразие минеральных питьевых вод (7 видов), а также экологически чистой ледниковой воды.

Реализация стратегии устойчивого социально-экономического развития региона позволит достичь динамичного производственного, инновационного, инвестиционного, финансового, рекреационно-туристического и социального развития с целью повышения уровня и качества жизни населения, пополнения доходов бюджета республики РСО-Алания путем стимулирования экономического роста.

РСО-Алания занимает невысокое место в мировой классификации посещаемости иностранцами, что составляет 0,001% мирового рынка въездного туризма. Прирост в процентном отношении в 2008 году по сравнению с 2007 годом уменьшился, составив 20%.

Находясь на перекрестке узловых путей Евразии и располагая колоссальным туристским потенциалом, наша республика занимает пока скромное место на российском туристском рынке. В течение многих веков г. Владикавказ был одним из ключевых торговых и транспортных узлов гигантского региона Шелкового пути. Цветные металлы, минеральные источники и другие природные богатства всегда привлекали зарубежные страны. В тоже время оставались без должного внимания неисчерпаемые курортные ресурсы, мощный туристический потенциал, эффективное использование которого позволит получить значительную экономическую отдачу, создать многочисленные рабочие места. Занимая небольшую территорию в 6,5 тыс. км с населением около 600 тыс. человек, РСО-Алания располагает уникальными природно-климатическими особенностями. Разнообразен и богат животный мир. В республике имеется 3 природных и исторических заповедника, 3 заказника и 10 охотничьих хозяйств. РСО-Алания – страна богатой истории и древней культуры. На территории республики сохранилось более 100 археологических, архитектурных и культурных памятников. Большие надежды возлагаются на реализацию

международного проекта «Великий Шелковый путь». РСО-Алания включена в туристический трансконтинентальный маршрут «Великий Шелковый путь», возрожденный под эгидой ВТО в сотрудничестве с ЮНЕСКО. Необходимость возрождения этого пути как туристического, экономического, транспортного давно назрела.

Однако назвать полноценным развитие этого сектора экономики пока еще трудно. Задача заключается в том, чтобы сформировать у государственных ведомств, а также у частного сектора, прессы и широкой общественности более четкое представление о важном экономическом значении туризма с целью дальнейшего включения его в приоритетные направления экономики и привлечения инвестиций.

Изучение опыта многих стран в области международного туризма показывает, что эта область человеческой деятельности может дать большой толчок развитию экономики, способствовать притоку иностранного капитала, открыть большое количество рабочих мест в сфере обслуживания, улучшить системы коммуникаций, транспорта. Международный туризм способствует сближению народов, взаимообогащению их в областях науки, техники, культуры, политической стабильности, материальному и духовному обогащению как обществ в целом, так и отдельных личностей.

Таким образом, успешная реализация региональных программ развития определяется в значительной степени не только точностью определения региональных приоритетов в повышении инвестиционной привлекательности для частных инвесторов, но также действенностью государственной инвестиционной политики, проводимой органами власти различного уровня.

## PERSPECTIVES OF INVESTMENTS' ATTRACTION DEVELOPMENT IN THE REGION (on the example of Republic of North Ossetia-Alania)

E.K.DZASOKHOVA

V.K.DOEV

*North-Ossetian State University  
n. a. K.L. Khetagurov*

*e-mail: naira-m@yandex.ru*

The authors of the article analyze the role of investments in the sustained development of the region at the level of a municipal formation. Particularly the article deals with the vital constituent of attracting investments – it is the competitiveness (natural resources, highly qualified staff, funds, and infrastructure).

Key words: investments, investments attraction, developing the region.



## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ИНФОРМАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ

**Е.С. ЮСОВА**

*Северо-Кавказская академия  
государственной службы*

*e-mail: ncschs@sfedu.ru*

В статье на основе уточнения концепции управления социально-экономическим развитием муниципального образования в условиях волновой динамики функционирования экономики рассматривается ключевая роль информационной составляющей как фактора интеграции, согласования, координации и повышения эффективности использования потенциала города в стабильных и кризисных условиях.

Ключевые слова: муниципальное образование, социально-экономическое развитие, управление, информационная составляющая

Наметившиеся в последние годы тенденции модернизационных преобразований российской экономики и ее последовательного перехода на инновационную модель развития начали распространяться на все уровни экономических систем, включая муниципальный. Это обусловлено целым комплексом причин, среди которых: концентрация различного рода ресурсов (в том числе инновационных) в границах территорий муниципалитетов; формирование специфической среды и особенностей преобразований на муниципальном уровне, существенно модифицирующих в масштабах города общесистемные (в том числе региональные) тенденции и модели; «муниципальная проекция» сложившейся в России в период рыночных преобразований диспропорциональности, асинхронности и даже полярности в социально-экономическом развитии отдельных территорий; большая мобильность (по сравнению с уровнем региона) в принятии и реализации управленческих решений, связанных с инвестированием в инновации; преимущественное стимулирование со стороны органов местной власти инвестиционных проектов социальной направленности и другие.

Перечисленные особенности экономической системы муниципального уровня, которые влияют на процесс управления ее социально-экономическим развитием по-разному, порою разнонаправленно, особенно остро начинают проявляться в условиях мирового и российского экономического кризиса: одни – замедляя, другие – усиливая процесс активизации интеграционного ресурса муниципального образования в рамках реализации стратегии социально-экономического развития. Этим также объясняется смещение целого комплекса проблем социально-экономического характера с регионального на местный (муниципальный) уровень. Ярким подтверждением этого была Программа социально-экономического развития нашей страны на 2005-2008 гг., в которой отмечалось: «Цели повышения благосостояния населения, снижения уровня бедности, обеспечения устойчивого экономического роста на базе роста конкурентоспособности российской экономики необходимо достигать с активным использованием преимуществ экономической и финансовой децентрализации. Именно на региональном и местном уровнях управления зачастую сосредоточены ключевые рычаги воздействия на эффективность мер, предполагаемых к реализации в рамках среднесрочной программы. При этом стремление к решению общенациональных задач на всей территории страны не должно подменяться централизацией всех властных и финансовых полномочий на федеральном уровне. Разумный баланс прав и обязанностей, полномочий и ответственности уровней власти и управления является важнейшим условием успешного проведения реформ в государстве с высокой степенью межтерриториальных различий и большой территорией, каким является Российская Федерация».



В соответствии с этим приобретает новый научный и прикладной смысл уточнение концептуальных основ адаптированного к различным условиям хозяйствования процесса управления социально-экономическим развитием муниципального образования. Поэтому важна адекватная оценка факторов и условий эффективной реализации такого механизма управления муниципальным хозяйством для поддержания его устойчивости в условиях кризиса, а также в период последующего вывода экономики муниципалитетов на траекторию стабильного инновационного роста.

Известно, что на региональном уровне регулирование стихийного течения инновационной активности предполагается проводить в рамках созданной в 2008 году Концепции стратегии социально-экономического развития регионов Российской Федерации, в которой отражены принципы федеральной региональной политики. Это, во-первых, принцип поляризованного или «сфокусированного» развития, которое приходит на смену политике выравнивания уровня регионального развития и предполагает специальную фокусировку финансовых, административно-управленческих, человеческих и других ресурсов в «опорных» регионах («полюсах», «локомотивах» роста), а также последующее распространение инновационной активности в другие регионы. Во-вторых, принцип «преференции за реформы». В-третьих, принцип синхронизации действий («принцип синергии»). В-четвертых, принцип дифференцированности государственной политики регионального развития. И, наконец, принцип субсидиарности, который предполагает децентрализацию властных полномочий и исполнение функций управления социально-экономическим развитием регионов Российской Федерации на том иерархическом уровне, где они могут быть исполнены наиболее эффективным образом.

Представляется, что реализация указанных принципов может быть весьма эффективной в период кризиса (а также в стабильных макроэкономических условиях) и в разрезе муниципальных образований того или иного региона. Так, выделение приоритетных, опорных, инновационно активных и социально ориентированных отраслей и сфер муниципальной экономики с целью стимулирования (институционального, финансового и др.) их развития может способствовать превращению этих секторов в точки роста всего муниципального хозяйства. При таком принципе управления развитием муниципального образования по сравнению с прежним принципом выравнивания социально-экономических уровней территорий возможно получение следующих сравнительных преимуществ:

- создание муниципальных образований – «локомотивов» роста, генерирующих инновационно-инвестиционное воздействие на остальную территорию региона;
- постепенное формирование системы опорных, инновационно активных городов внутри региона, возможность признания за ними иного статуса, чем у других административно-территориальных муниципальных единиц;
- изменение механизма муниципального управления в направлении финансовой поддержки развития связанности «опорных городов» с экономикой своего региона и другими регионами страны, снятие барьеров для распространения инноваций;
- выявление основных конкурентных преимуществ муниципального образования и сосредоточение на их развитии, поскольку самые передовые в технологическом аспекте отрасли муниципальной экономики являются наиболее прогрессивными, и потому потенциал их инновационного развития может быть реализован даже в краткосрочной перспективе. Эти же отрасли и сферы муниципальной экономики формируют возможности «подтягивания» стагнирующих или убыточных отраслей, то есть могут рассматриваться в масштабах муниципального образования в качестве точек «экономической реанимации» муниципального хозяйства.

Можно ожидать, что реализация такой концепции управления социально-экономическим развитием ведущих муниципальных образований того или иного региона окажет существенное влияние на снижение уровня безработицы в областных и краевых городах. Корреляция «чем дальше от столицы региона, тем больше безработица» по-прежнему остается справедливой (для Ростовской области наглядным примером являются города Шахты, Новошахтинск, Каменск, Зверево и др.).



Осуществление реализующего данную концепцию механизма муниципального управления в определяющей степени зависит от информационной составляющей его совокупного ресурсного потенциала, поскольку одной из главных задач является повышение эффективности и качества решений, принимаемых органами самоуправления, их оперативность и своевременность.

Системный подход к организации работ по информатизации муниципальных образований предусматривают решение ряда организационно-экономических вопросов<sup>1</sup>:

- принятие администрацией муниципального образования решения о проведении работ по информатизации, закрепленного соответствующим Постановлением;
- решение проблемы ресурсного обеспечения, включая разработку механизма финансирования работ по информатизации;
- назначение представителя местной администрации, ответственного за информатизацию, на которого возлагаются функции Заказчика систем и средств муниципальной информатизации;
- построение организационной структуры управления процессом информатизации муниципального образования и др.

Эти положения, которые являются исходными при развертывании работ по информатизации процесса управления социально-экономическим развитием муниципального хозяйства, дополняются формированием функциональной структуры единого информационного пространства муниципалитета, элементами которого являются информационно-вычислительные системы (ИВС, СБД), состоящие из систем обработки данных органов управления, организаций, предприятий и т.п. При этом ИВС как территориально-распределенные системы могут одновременно рассматриваться и как элементы объединяющих их проблемно-ориентированных функциональных структур, функциональных комплексов управления.

Обобщенной характеристикой состояния функциональной структуры информационной среды процесса управления социально-экономическим развитием муниципального образования является количество ИВС, созданных и внедренных на его территории. Единство информационной инфраструктуры муниципального образования обеспечивают единые средства представления данных: словари, классификаторы, унифицированная документация, коммуникативный формат, а также унифицированный интерфейс доступа к базам данных. Такие системы лучше всего представлены в виде корпоративных и информационных порталов, официальных сайтов органов власти муниципальных образований.

Первоочередной задачей при создании единого информационного поля муниципалитета является формирование системы базисных информационных ресурсов, обеспечивающих возможность интеграции первичной объектно-ориентированной информации, циркулирующей в системе муниципального управления.

В рамках создания единой информационной системы муниципального образования автоматизируются целые направления деятельности, в том числе планирование развития, управление финансами, капитальное строительство и управление социальными проектами, жилищно-коммунальное обеспечение, управление имуществом, материально-техническое снабжение, координация работы социально ориентированных отраслей экономики, развитие внешнеэкономических связей и т.д.

Организационно-управленческая структура такого рода системы строится на принципе определенной самостоятельности ее подсистем и направлений в выработке и проведении политики собственной автоматизации управленческого труда. В соответствии с этим, информационную территориальную сеть, ориентированную на поддержку управленческих функций администрации муниципального образования, необходимо отнести к территориальным корпоративным информационным сетям (ТКИС), для которых характерно разнообразие парка вычислительных средств, сетевого обо-

---

<sup>1</sup> Захарова А.А. Новые модели принятия решений о социально-экономическом развитии города / А.А. Захарова, Е.Ю. Сухарева, О.А. Таскаева // Менеджмент в России и за рубежом. 2006. №1. С. 28.



рудования и базового программного обеспечения, а также большое количество приложений специального назначения. При проектировании ТКИС необходимо обеспечить устойчивость ее функционирования, в том числе несанкционированную недоступность и безопасность хранения информации.

По своему экономическому содержанию и ролевым функциям ТКИС – это инфраструктура муниципального управления. Она объединяет в единое пространство информационные сети всех территориально подчиненных объектов на основе общей политики информационной безопасности, управления, развития и эксплуатации. На ее базе конструируются другие подсистемы, но в единой системе координат, основу которой составляют понятия системно-технической инфраструктуры (структурный аспект), системной функциональности (сервисы и приложения) и эксплуатационных характеристик (свойства и службы).

С функциональной точки зрения, ТКИС – это эффективная среда сбора, хранения и передачи актуальной информации, необходимой для решения задач управления. С системно-технической точки зрения, сеть представляет собой целостную структуру, состоящую из нескольких взаимосвязанных и взаимодействующих уровней, в том числе принятия управленческих решений (интеллектуального уровня), локальных компьютерных сетей и телекоммуникаций – компьютерных платформ, программного обеспечения промежуточных слоев и приложений. С точки зрения системной функциональности, сеть выглядит как единое целое, предоставляющее пользователям набор полезных в работе сервисов, общесистемных и специализированных приложений. ТКИС обладает набором необходимых свойств, гарантирующих нормальное функционирование сети.

Таким образом, территориальная информационная система муниципального образования представляет собой многоуровневую корпоративную сеть, отражающую инфраструктуру взаимодействия всех экономических и социальных подсистем региона. Качество организации и функционирования ТКИС определяет эффективность управления муниципальным образованием. Основу ее составляют сложившиеся к настоящему времени технологии обработки информации в проблемно ориентированном приложении управления территорией.

В соответствии с этим, вопросы информационной безопасности приобретают первостепенное значение, и обеспечена она может быть только за счет использования в ТКИС отечественного или поставляемого на рынок импортного оборудования и программного обеспечения, сертифицированного в центрах ФСБ и МО РФ. Следует отметить, что в настоящее время работы по укреплению информационной безопасности ведомственных сетей ведутся активно и находят большую поддержку со стороны заинтересованных в этом государственных органов. Выработка единых методологических и организационно-управленческих подходов к управлению и мониторингу различных систем жизнеобеспечения городского хозяйства, управление ими в обычных и чрезвычайных ситуациях является неременным условием интеграции усилий общества, администраций городов, различных ведомственных структур, организаций и учреждений в интересах решения проблемы повышения качества муниципального управления. В данном контексте оперативное обеспечение органов государственной власти муниципального уровня достоверной и полной информацией создает необходимые предпосылки для эффективного управления в различных сферах деятельности.

Это актуализирует разработку автоматизированной системы муниципального уровня, обеспечивающей поддержку принятия решений, связанных с управлением социально-экономическим развитием города (СППР СЭРГ). Главной задачей создания СППР СЭРГ является разработка универсального средства, реализующего полный набор моделей принятия решений и позволяющего автоматизировать функции консультанта по принятию решений на этапах сбора и обработки количественных данных, формализации качественных экспертных оценок, проведения расчетов<sup>2</sup>.

В состав СППР, помимо пользователей, входят три главных компонента: подсистема данных, подсистема моделей и подсистема программного обеспечения. Под-

<sup>2</sup> Захарова А.А. Указ. соч. С. 29.



система данных — собрание текущих или исторических данных, организованных для легкого доступа к областям применения. Подсистема моделей — собрание математических и аналитических моделей, которые могут быть сделаны легкодоступными для пользователя. Подсистема программного обеспечения — простое взаимодействие между пользователем системы, базой данных и эталонным вариантом. Она управляет созданием, хранением и восстановлением моделей в образцовой основе и интегрирует их в базе данных. Также она обеспечивает графический, легкий в использовании, гибкий интерфейс пользователя, который поддерживает диалог между пользователем и СППР.

Рассматриваемая система состоит из четырех блоков: блок математических моделей и методов принятия решений, блок входных данных (база данных), программный блок, блок выходных данных (результатов расчетов), которые поддерживают взаимодействие между всеми компонентами системы. Каждая разработанная модель является одним из элементов логического уровня СППР социально-экономического развития муниципального образования.

Взаимодействие моделей и программных модулей такой информационно-управленческой системы определяется в зависимости от решаемых задач и конкретного этапа стратегического управления социально-экономическим развитием города. На сегодняшний день отдельные модули СППР реализованы в компьютерной программе «Система поддержки принятия решений о социально-экономическом развитии города»<sup>3</sup>.

Таким образом, основными задачами информационной составляющей институциональной инфраструктуры управления социально-экономическим развитием муниципального образования являются:

- 1) построение эффективной и действенной вертикали управления муниципальным образованием в части ее информационной составляющей путем рационального распределения информационных потоков между всеми уровнями управления с учетом их полномочий, зон ответственности и методов контроля;
- 2) повышение оперативности и качества процессов управления муниципальным образованием, поддержка принятия должностными лицами эффективных управленческих решений, обеспечение качественного информационного обслуживания граждан;
- 3) информационно-технологическая поддержка социально-экономического развития муниципального образования.

## CONCEPTUAL BACKGROUND OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT CONTROL OF PUBLIC EDUCATION: INFORMATION CONTENT

E.S. YUSOVA

*North-Caucasus Academy  
of State Service*

*e-mail: ncschs@sfedu.ru*

The article deals with key role of the information constituent as a factor of integration, agreement, co-ordination and efficiency increase of the city potential usage in stable and crisis conditions on the basis of the definition of the control over socio-economic development of the municipal education in conditions of wave dynamics of economic functioning.

Key words: municipal education, socio-economic development, information constituent.

---

<sup>3</sup> Захарова А.А. Указ. соч. С. 31-32.

## РОЛЬ ИНФОРМАТИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ АСПЕКТАХ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ

**Е.А. САЛИХОВ**

*Волгоградский  
государственный  
университет*

*e-mail: inbox@salikhov.net*

Сервисно-функциональный подход актуализирует применение информационных технологий в деятельности муниципалитетов. Современный уровень информатизации не обеспечивает межведомственного безбумажного обмена, а также эффективного оказания муниципальных услуг.

Ключевые слова: электронный административный регламент, электронный город, информатизация, муниципальное образование, органы местного самоуправления, муниципальная функция, муниципальная услуга, сервисно-функциональный подход.

Муниципальное образование как сложная социально-экономическая система реализует специфический вид управления, осуществляемый властью в интересах наиболее активной части местного сообщества, и выполняющий следующие функции: обеспечение представительства интересов местного населения и разработка общих норм и правил; организация функционирования отраслей хозяйства и осуществление управления различными сферами жизнедеятельности; контроль за соблюдением законности и порядка. Существующие мировые тенденции реализации функций местного самоуправления указывают на то, что ресурсы муниципального образования должны быть направлены на обеспечение функционирования муниципалитета в условиях:

- открытости к внешней среде;
- сложности внутренних коммуникаций;
- собственной многоуровневой структуры.

Деятельность органов местной власти должна быть направлена на удовлетворение потребностей местного бизнеса и населения в предоставлении качественных муниципальных услуг в рамках современной сервисно-функциональной модели реализации муниципальной власти.

В России основными аспектами качественных изменений взаимодействия между органами местного самоуправления и их внешней средой являются:

- экономическая, политическая и культурная интеграция и, как следствие, глобализация, обуславливающая усиление влияния на муниципалитет «неместных» факторов;
- технологии; их прогресс заставляет город конкурировать в условиях все возрастающих темпов развития;
- развитие бизнеса, определяющееся, в большей степени, поддержкой местных властей через облегчение доступа, в первую очередь, к (информационным) ресурсам;
- новое, информационное поколение населения, которое уже привыкло получать электронные услуги в коммерческом секторе;
- мобильность населения и бизнеса, которые из-за развития информационных коммуникаций легко могут перемещаться из города в город в поиске лучших условий жизни и труда;
- урбанизация, миграция сельского населения и, как следствие, рост городов, требующий оптимального развития их инфраструктуры, а также нагрузка по

управлению уже существующей инфраструктурой города, часто сильно изношенной и требующей несоизмеримых затрат на поддержание жизнедеятельности по соотношению к созданию новой;

- бюджетные ограничения, определяющие возможность муниципальных властей вести борьбу за социальные, политические, экономические и т.д. права и свободы горожан и бизнеса;
- мировой экономический кризис, который вызывает необходимость сокращать собственные затраты и оптимизировать персонал администрации;
- административные барьеры, бюрократия и коррупция, позволяющие воспринимать деятельность местных властей как субъект криминального влияния.

Исходя из этого, современная организация деятельности муниципальной власти ориентирована на:

- оказание качественных муниципальных услуг населению и организациям;
- установление внешних коммуникаций с органами власти других уровней, действующих на территории;
- эффективное использование муниципальных, трудовых и природных ресурсов территории;
- обеспечение устойчивого социального и экономического развития муниципального образования;
- улучшение качества жизни местного социума и увеличение его вклада в развитие всего общества.

В ситуации когда, эффективность работы современных органов местного самоуправления должна стать максимальной, задача по информатизации и реализации, так называемых, «электронных правительств» становится очевидной.

Использование сервисно-функциональной модели управления, основными элементами которой являются муниципальная услуга и муниципальная функция, выступающие как разнонаправленные взгляды на деятельность органов местного самоуправления, во многом преломляет «традиционные» способы взаимодействия муниципальных органов власти с внешней средой. С объектами этой внешней среды на четырех уровнях устанавливаются информационные взаимоотношения, представленные на рис. 1.



Рис 1. Муниципальный аспект реализации уровней электронного взаимодействия

Муниципальная услуга, то есть нормативно закреплённая деятельность органов местного самоуправления (или агента), направленная на реализацию удовлетворения потребностей его граждан, хозяйствующих субъектов (или принципалов), выступает как «внешний» взгляд потребителя на «внутреннюю» функцию муниципалитета, которая, в свою очередь, является способом достижения цели по «вопросам местного значения», указанным в уставе муниципального образования, и определяющим границы его ответственности и полномочий перед населением. Соответственно, любой вопрос местного значения можно представить в виде набора операций и конечных результатов деятельности органов местного самоуправления, в целом, и их предприятий и учреждений, в частности. Такое структурирование позволяет описать содержание функции и услуги однократно, а применять соответствующие процедуры многократно, пользуясь унифицированными стандартами их исполнения. В свою очередь, процессы стандартизации позволяют сформировать систематизированный набор требований к порядку оказания услуг органом муниципальной власти или муниципальным учреждением, исходя, с одной стороны, из потребностей и пожеланий населения и/или организаций, а с другой, учитывая технологические, материально-технические, финансовые и иные ресурсные ограничения органа местного самоуправления.

Для обеспечения необходимого уровня качества муниципальной услуги важно предоставить возможность информационного обмена на всех четырех уровнях взаимодействия на основе замещения традиционных способов взаимодействия «бесбумажными» и «бесконтактными» технологиями. Информатизация в данном случае выступает как один из инструментов, требующих выполнения определенных логических форм предоставления «данных» и результата их обработки в виде «информации». Ключевой составляющей такой организационной схемы информатизации муниципальных функций, преобразующей разрозненные информационные системы узкоспециализированных структур органов местного самоуправления, являются электронные административные регламенты, организующие деятельность еще до момента ввода первичных данных от заявителя в любую из информационных систем.

Административные регламенты являются инструментом, определяющим совокупность множества административных процессов и операций, необходимых для выполнения одной муниципальной функции или услуги (см. рис. 2).

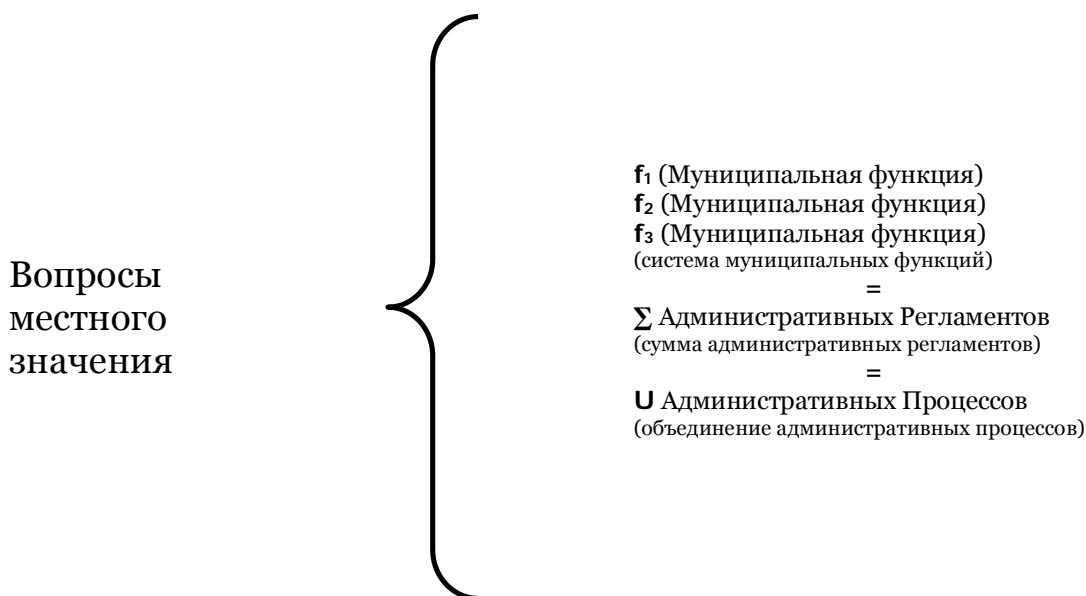


Рис. 2. Место категории «административный регламент» в системе вопросов местного значения



Под административным регламентом, играющим определяющую роль в муниципальной информационной системе, необходимо понимать совокупность инструкций, которые характеризуются следующими требованиями <sup>1</sup>:

- наличие специфической цели;
- выполнение действий отдельными лицами или группами лиц при участии других объектов (формальные правила, информационные технологии, технические устройства);
- роли участников;
- операции (шаги) и последовательность их выполнения: выполнение операций в форме совместной работы и скоординированных действий;
- ответственность участников;
- законодательное обеспечение и ограничения, степень свободы принятия решений ответственного должностного лица;
- требуемые и используемые ресурсы;
- вход и выход процесса (данные и информация, продукты);
- движение информации;
- выполнение действий над какими-то объектами (физическими и абстрактными).

Административный регламент беспристрастно регламентирует нормативными и правовыми актами процесс выполнения какой-либо услуги, создает условия для общедоступности и нивелирования возможности влияния на объект интереса. Для местного самоуправления «Электронные административные регламенты» – это реализация процедур, прав и обязанностей органов местной власти и их учреждений, а также отдельных должностных лиц с использованием современных информационных технологий.

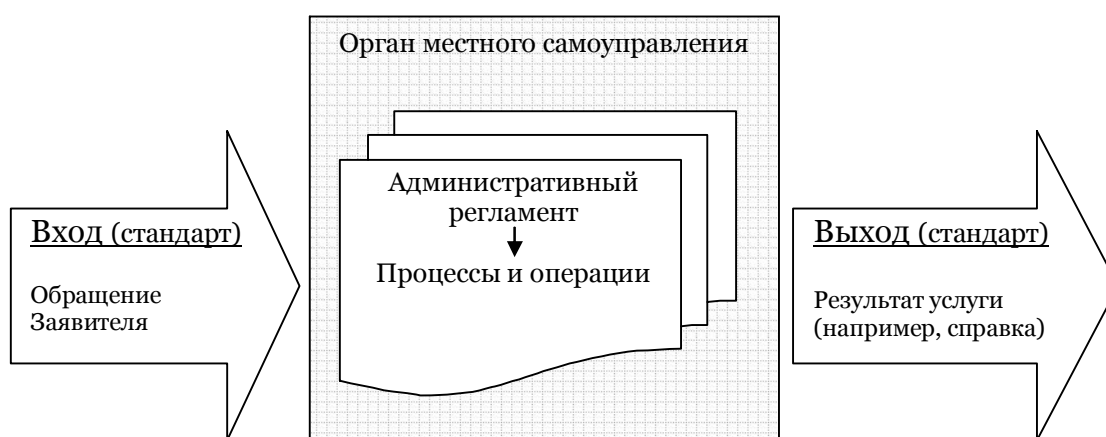


Рис 3. Логическая модель места административного регламента в процессе оказания муниципальной услуги

Смысл создания электронных административных регламентов заключается в интеграции в единое муниципальное функциональное целое совокупности процессов и операций, реализуемых субъектами действия над соответствующими объектами в интересах, определенных в нормативных регуляторах и инструкциях для достижения заданной цели. Основными характеристиками процесса являются предоставление в определенном виде данных на «Входе» и получение гарантированного результата в оговоренном формате на «Выходе» (см. рис. 3). Особое значение эта часть электронного административного регламента имеет в ситуациях, когда наличие типовой органи-

<sup>1</sup> Данилин А.В. Электронные государственные и административные регламенты: от политической задачи к архитектуре «электронного правительства». М., 2004.



зационно-распорядительной документации не может связать все необходимые для целевой функции процессы и действия в единое целое. Это может быть вызвано неполнотой существующих документов, а также тем, что в единое целое необходимо связать процессы и участников из различных ведомств, организаций, уровней подчиненности и т.д.

Предложенная идея воплощена в ряде пилотных проектов, осуществляемых в регионах России, по реализации целевых программ развития муниципальных информационных систем. В задачи этих программ входит внедрение информационно-коммуникационных технологий в деятельность органов местного самоуправления, создание правовых, организационных и технологических предпосылок для развития демократии за счет реального обеспечения прав горожан на свободный поиск, получение, передачу, производство и распространение информации о деятельности администрации, открытость органов власти. Методология реализации проектов предполагает обеспечить внутреннюю автоматизацию административных структур и единое информационное пространство для бесшовного обмена данными между информационными системами органов муниципального управления; внедрить и обеспечить надлежащее функционирование электронных административных регламентов; выработать ключевые показатели эффективности деятельности муниципального управления; организовать системы поддержки принятия управленческих решений, а на заключительном этапе – перейти к постепенной реализации внутреннего и внешнего информационного обмена при предоставлении муниципальных услуг.

## INFORMATION TECHNOLOGIES' ROLE IN ACTIVITIES OF LOCAL GOVERNMENT

E.A. SALIKHOV

*Volgograd State University*

*e-mail: [inbox@salikhov.net](mailto:inbox@salikhov.net)*

The service and functional approach allows to keep the IT –usage in municipalities' activity up to date. The modern informatization level does not provide effective interdepartmental e-docflow, neither effective municipal services.

Key words: electronic administrative regulations, e-city, information, local governments, municipal function, municipal service, the service-functional approach.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Практика последних лет наглядно показывает сильное влияние на экономику России разнообразных чрезвычайных ситуаций. На её территории имели место военные конфликты, биологические бедствия, природные и техногенные катастрофы, экономические кризисы. Это требует систематической деятельности по борьбе с этими бедствиями. Важным аспектом данной деятельности служит ведение работ по прогнозированию возможности возникновения и экономических последствий подобных ЧС. Работы по прогнозированию бедствий всегда являлись весьма актуальными, но не всегда решались на достаточно передовом уровне. Современный уровень их решения также недостаточно высок. Преодоление имеющихся недостатков станет важным фактором повышения общей устойчивости экономики и безопасности населения.

**А.А. ВАКАРЁВ**

*Волжский институт  
экономики,  
педагогике и права*

*e-mail: management@viepp.ru*

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, бедствия, последствия чрезвычайных ситуаций, управление в чрезвычайных ситуациях, прогнозирование, методы прогнозирования, экономическая устойчивость, математические методы прогнозирования, информационные базы данных

Опыт исторического развития ярко свидетельствует о периодическом образовании кризисных явлений в различных аспектах жизни человеческого общества. Согласно современной научной терминологии, такие явления носят наименование форс-мажорных обстоятельств, а возникающая при этом обстановка называется чрезвычайной ситуацией (ЧС).

Особую важность проблематика ЧС всегда имела для Российской Федерации. Это обусловлено целым рядом объективных и субъективных причин, среди которых можно отметить сложные природные условия, низкую среднюю плотность населения, высокую степень старения основных фондов, неотлаженность экономических механизмов и другие, обуславливающие развитие потенциально опасных процессов или не позволяющие обеспечить эффективное противодействие им.

В числе наиболее актуальных ЧС современности российская и мировая практики позволяет выделить, прежде всего, следующие:

- военные и социально-политические конфликты;
- биолого-социальные ЧС;
- стихийные бедствия;
- аварии и технологические (техногенные) катастрофы;
- чрезвычайные ситуации контракционного типа;
- чрезвычайные ситуации “комбинированного” типа.

Важно подчеркнуть, что диалектика развития предопределяет, помимо наличия традиционных опасностей, появление новых угроз. В соответствии с этим, общая опасность техногенных ЧС в нашей стране в значительной мере стала усугубляться опасностью террористических актов на потенциально опасных объектах<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Воробьёв Ю.Л. Безопасность личности, общества и государства от чрезвычайных ситуаций как важнейшее направление государственной политики в обеспечении национальной безопасности // Тезисы и доклады Второй Всероссийской научно-практической конференции «Защита населения и террито-



Все большее значение приобретают ЧС, связанные с использованием глобального информационного поля. Ежегодно регистрируется порядка 8,0 – 9,0 тыс. компьютерных преступлений, большая часть из которых связана с использованием вредоносных программ<sup>2</sup>.

Подводя итог краткому обоснованию значения влияния ЧС на социально-экономическое развитие России, необходимо подчеркнуть, что степень подобного влияния в будущем будет только возрастать. Объективным фактором роста уязвимости служат тенденции увеличения концентрации населения, роста городских агломераций, усложнения технологии, все большее использование опасных процессов и общее изменение производительных сил. Обеспечение успешного социально-экономического развития в этих условиях возможно только при наличии эффективной системы безопасности населения и устойчивости народного хозяйства. Успешность функционирования подобной системы в значительной мере зависит от того, удастся ли реализовать стратегический подход при противодействии данным бедствиям или нет. Будет ли строиться деятельность системы безопасности в ЧС на долгосрочном прогнозировании развития ситуации и четкой постановке целей или нет. Это в настоящее время с особой актуальностью ставит задачи изучения вопросов прогнозирования возникновения ЧС и их последствий для экономики и общества.

Высокая значимость ЧС в обеспечении социально-экономического развития обусловила создание специальной системы институтов, позволяющей добиться адекватного реагирования на возникающие катаклизмы. Данная система в официальных документах имеет наименование «Государственная территориальная система по чрезвычайным ситуациям и обеспечению противопожарной безопасности (ГСЧС и ОПБ)». Это комплексная многоуровневая система, созданная в соответствии с федеративным делением и включающая государственный уровень, уровень субъектов федерации, а также более низкие уровни территориального и ведомственного управления страной. В состав каждого из этих уровней входят руководящие органы, органы оперативного управления, силы наблюдения и контроля за состоянием потенциально опасных объектов и ликвидации последствий ЧС, системы связи и информационного обеспечения, а также резервы материально-технических средств.

Руководящим органом ГСЧС и ОПБ является Государственная комиссия Правительства Российской Федерации по чрезвычайным ситуациям и обеспечению противопожарной безопасности. В её подчинении находятся комиссии по чрезвычайным ситуациям областных, районных и городских администраций, ведомств и объектов народного хозяйства, а также Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Особо необходимо отметить, что данная система, помимо функционирования в режимах повышенной готовности и ЧС, когда происходит выдвижение сил и средств и проведение спасательных и других неотложных работ, осуществляет свою деятельность ещё и в режиме повседневной деятельности. Именно в этот относительно незаметный период производится основная работа по обеспечению безопасности. И не только та, которая касается подготовки специальных формирований, но та главная, которая связана с деятельностью по совершенствованию управления в ЧС, проведению инженерных мероприятий, созданию запасов, обеспечению действия экономического механизма. Именно в это время проводятся работы по прогнозированию возникновения бедствий и их экономических последствий, разрабатываются и планируются мероприятия по снижению уязвимости населения и экономики. Следует подчеркнуть, что прогнозирование в данном периоде должно рассматриваться как ключе-

---

рий при чрезвычайных ситуациях в мирное и военное время как составная часть национальной безопасности России». М., 1997.

<sup>2</sup> Дмитриев И. Хакеры против спецслужб. Хроники интернет-войн // Версия. 2005. №25 (348). С.11.

вое мероприятие. Оно обеспечивает обоснованность всех остальных реализуемых в этом периоде мероприятий (создание и подготовка специальных формирований, создание централизованных и децентрализованных резервов, создание сооружений по инженерной защите и другие), а также служит стимулом для их осуществления.

Ещё одной немаловажной характеристикой работ по прогнозированию ЧС является то, что прогнозы могут рассматриваться как самостоятельный интеллектуальный продукт и, помимо вопросов совершенствования управления, они могут служить решению задач общего перевода отечественной экономики на инновационные пути развития.

В целом, именно прогнозирование в современных условиях как нельзя лучше подходит для роли того «звена, потянув за которое можно вытянуть всю цепь» совершенствования как управления в ЧС, так и управления отечественной экономикой в целом.

Особое значение в системе государственного управления прогнозирование последствий ЧС приобрело в 50-60-х гг. XX в., когда оно в качестве обязательного элемента было введено в технико-экономическое обоснование проектов капитального строительства крупных объектов. Например, в состав проектов крупных гидротехнических сооружений (ГЭС и т.д.). Главной задачей таких прогнозов являлся прогноз прорыва плотин и определение зоны затопления соответствующих территорий. Техническими особенностями тех прогнозов служило то, что они разрабатывались на бумажных носителях и делались на одновариантной основе. Что ещё важно, в них давались только физические характеристики, а определение экономических последствий вообще не проводилось. Разумеется, что если для 60-х гг. эти прогнозы были приемлемы, то уже к 80-м годам они, как методически, так и фактологически, безнадежно устарели. Развитие вычислительной техники выдвинуло необходимость подхода к решению данных задач на новом уровне. Встал вопрос создания мониторинговых систем и математического моделирования ситуационных процессов. Именно тогда впервые была поставлена задача рассмотрения, в первую очередь, последствий экономического характера. Эти работы проводились в централизованном порядке по инициативе Совета Министров СССР и входили в широкий комплекс работ по общему совершенствованию управления в ЧС. Общая задача в этом случае ставилась в виде необходимости разработки прогнозов по всем потенциально опасным зонам и объектам страны под общим наименованием «Аларм»<sup>3</sup>. Данная программа предусматривала прогнозирование физической обстановки, численности жертв, экономического ущерба и потребностей специальных формирований и материальных средств для оказания помощи. Работы отличались большим размахом в высокой комплексностью. Благодаря поддержке правительства, были сосредоточены усилия большого количества организаций (НИИ, министерств и ведомств, подразделений Госкомитета по ГО и ЧС, служб наблюдения Министерства геологии, местных органов территориального управления и других), что позволило разработать по некоторым опасным объектам не просто прогнозы, но многовариантные модели. Однако программу завершить не удалось, подобные прогнозы так и остались в единичных случаях, фактологическая информация по ним больше не обновлялась.

Знаковым фактом в развитии прогнозных работ, которые могут быть использованы в управлении в ЧС в обновленной России, явилась разработка модели функционирования крупных городов, проведенная в 1996-1997 гг. Данные прогнозы строились на основе определения рисков в различных сферах жизни агломерации: экономики; поведения социума; функционирования мегаполиса; медицины; экологии<sup>4</sup>. Работы осуществлялись по инициативе МЧС РФ при участии Института прикладной матема-

<sup>3</sup> Аларм (от англ. Alarm) – тревога (прим. автора)

<sup>4</sup> Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. М., 2000. С. 149



тики им. М.В. Келдыша РАН, Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Института проблем управления РАН, Международного института теории и прогноза землетрясений и математической геофизики, Московского физико-технического института, Московского и Ярославского государственных университетов и других научных организаций<sup>5</sup>.

В целом участие столь видных научных учреждений позволяет отметить весьма высокий научный уровень всех проведенных работ. Однако, данные прогнозы касались только гг. Москвы и Санкт-Петербурга, и даже они, с учетом того, что проводились в 90-х годах, к настоящему времени вряд ли являются адекватными.

Следующий важный этап в развитии прогнозирования в нашей стране можно датировать периодом 2005-2007 гг. Он связан с проведением паспортизации потенциально опасных зон и объектов. Сами последствия ЧС в этом случае не моделировались, но была создана информационная база, которая позволяет судить о возможностях возникновения бедствий. Важной положительной стороной при этом явилось то, что данные паспорта имеют официальное значение, что позволяет пользоваться ими для обоснования мероприятий по снижению опасности.

Отрицательной стороной данной паспортизации явилась нерешенность проблемы обеспечения доступности (или скорее закрытости) данной паспортной информации. Она защищена соответствующими грифами и практически недоступна для научных кадров. Разумеется, можно привести весьма весомые причины того, что доступ к этим данным должен быть ограниченным, но на практике подобная ограниченность, по нашему мнению, имеет больше минусов, чем плюсов. Она препятствует не только проведению прогнозных работ, но и решению многих оперативных вопросов.

В целом, касаясь современного уровня прогнозирования последствий ЧС в регионах России, можно отметить целый ряд как положительных, так и отрицательных сторон. В состав положительных можно включить то, что в регионах (как видно из примера с паспортизацией) работа по выявлению потенциально опасных зон и объектов ведется систематически. Однако, анализ, с позиций современных возможностей, показывает, что качество этих прогнозов имеет ряд существенных недостатков:

- выполнение прогнозов без использования возможностей вычислительной техники;
- низкая степень агрегирования, отсутствие детализации информации по пострадавшим объектам;
- одновариантность прогнозов и невозможность рассмотрения альтернативных сценариев, в том числе и в зависимости от изменения масштабов воздействия;
- отсутствие детализации видов пострадавших (высокой, средней, низкой тяжести);
- определение суммы ущерба без расшифровки видов потерь и убытков;
- отсутствие карт зон бедствия и прилегающих территорий;
- отсутствие прогнозирования потребностей в медицинских, пожарных и других специальных формированиях централизованного характера;
- отсутствие математического моделирования влияния ЧС на экономические процессы;
- отсутствие интеграции в единый мониторинг, как, впрочем, и самого мониторинга;
- отсутствие прогноза возникновения самих бедствий, вероятности наступления ЧС.

Можно добавить, что данные прогнозы выполнены на уровне начала 70-х годов, не используются современные информационные и технические возможности, не используются возможности научных организаций. Хотя даже в небольших городах России такие возможности есть. Например, в г. Волжском Волгоградской области на

---

<sup>5</sup> Там же. С. 3.

базе одного из институтов уже не один год существуют средства геоинформационной системы (ГИС), позволяющие создавать электронные карты любого назначения практически любой территории Волгоградской области.

В настоящее время создалась ситуация, требующая кардинальных изменений по переводу вопросов прогнозирования бедствий и их последствий на качественно новый уровень.

Современное прогнозирование ЧС является комплексным процессом, который должен осуществляться по различным аспектам: организационным, информационным, экономическим и другим. При этом наиболее важным звеном является совершенствование в сфере алгоритмизации. На практике именно наличие соответствующих алгоритмов обуславливает формирование информационного обеспечения, взаимодействия различных заинтересованных и привлекаемых органов, а также формирование системы расчетов между ними.

Исходя из этого, прежде всего, следует отметить наличие широкого арсенала методов математического описания самих кризисных явлений.

1. Режимы с обострением – параболические функции и уравнения <sup>6</sup>. Их исследование, и, в особенности, исследование асимптот, позволяет в значительной мере определить момент стабилизации кризиса и спрогнозировать мероприятия по локализации кризисных процессов <sup>7</sup>.

2. Жесткая турбулентность – исследование редких катастрофических событий в системах со сложным поведением (уравнение Гинзбурга-Ландау) <sup>8</sup>. Сутью теории жесткой турбулентности является исследование возмущения, которое не разрушает систему, но надолго оставляет свой след (в качестве примера можно привести последствия воздействия тайфуна) <sup>9</sup>. Исследование жесткой турбулентности представляет особый интерес, поскольку позволяет учесть степень самонастраиваемости систем. Это заставляет уделить данному процессу более пристальное внимание и обратиться к историческим данным, касающимся изучения данного вопроса.

История возникновения проблемы жесткой турбулентности связана с развитием авиации. При полетах первых аэропланов стали возникать катастрофические ситуации срыва самолетов в штопор (пикирование с прокручиванием самолета вокруг своей оси). Долгое время срыв в штопор приводил к катастрофам.

Парадоксально, но выход был найден в том, что летчик должен был полностью прекратить управление самолетом. Сбалансированность летательного аппарата сама по себе позволяла ему прекратить вращение и пикирование. Благодаря этому модель жесткой турбулентности как нельзя лучше подходит к описанию самонастраивающихся систем, каковой и является рыночная экономика. Управленческое вмешательство при этом зачастую лишь усложняет ситуацию. Примером эффективности подобного подхода на практике явились мероприятия по выходу из кризисной ситуации дефолта 1998 г. в России, когда основу мероприятий по выходу из кризиса премьер-министра В. Примакова составили меры по ограничению государственного вмешательства в экономическую ситуацию. Именно этот подход в значительной мере позволил тогда сравнительно быстро нивелировать негативные последствия. Весьма возможно, что нечто подобное будет использоваться и в условиях текущего кризиса (2008-2009 гг.).

3. Циклические риски и системы с запаздыванием, позволяющие изучать взаимовлияние процессов с различными темпами развития. Примером может служить изучение численности популяции со сложной возрастной структурой, «модель пара-

---

<sup>6</sup> Галактионов В.А., Посашков С.А. О новых точных решениях параболических уравнений с квадратичными нелинейностями // ЖВМ и МФ. 1989. Т. 29. №4. С. 499.

<sup>7</sup> Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. М., 2000. С. 157.

<sup>8</sup> Kuramoto Y., Tsuzuki T. Reductive perturbation approach to chemical instabilities // Prog. Theor. Phys. 1975. V. 52. P. 1399-1401; Kuramoto Y., Tsuzuki T. On the formation of dissipative structures in reaction-diffusion systems // Prog. Theor. Phys. 1975. V. 54. P. 687-699.

<sup>9</sup> Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. М., 2000. С. 178.



зит-хозяин»<sup>10</sup> и т.д. Применительно к экономике, данные модели позволяют исследовать циклические кризисы, обусловленные несовпадением сроков наивысшей покупательной способности населения с пиками производственной активности<sup>11</sup>.

4. Самоорганизованная критичность<sup>12</sup> – поиск универсальных нелинейных механизмов, приводящих к сложному поведению, требующему статистического описания<sup>13</sup>.

Для прогнозирования последствий ЧС в части экономических вопросов необходима адаптация широкого спектра существующих методов<sup>14</sup>. В зависимости от целей получения в прогнозах выходной информации можно рекомендовать использование следующих из них:

- решение систем матричных уравнений (для оптимального распределения имеющихся ресурсов);
- линейное моделирование оптимального планирования (для определения наибольших показателей результатов производства);
- линейное моделирование задач с двумя переменными;
- исследование динамических рядов и пределов функций (для определения наибольших потенциальных объемов производства и продаж);
- дифференциальное исследование предельных величин в экономике (для исследования прироста результирующих показателей производства);
- функции многомерных переменных и многомерные пространства (для учета взаимовлияния большого количества факторов, причем особый интерес представляет исследование нелинейных зависимостей);
- использование модели «золотого правила», исследующей приростные показатели;
- многокритериальные модели, на основе использования принципа по Парето (для выбора наилучшего решения из множества возможных решений);
- интегральные модели, позволяющие определять совокупный эффект;
- статистические методы исследования случайных событий, позволяющие дать цифровое значение возможности наступления соответствующих событий в условиях свободного предпринимательства;
- модели нормального распределения случайных величин (для прогнозирования наступления случайных событий);
- модели статистической обработки экспертных оценок (для оценки степени достоверности мнений специалистов)<sup>15</sup>.

Особое значение при этом в разработке комплексных моделей поведения региональных социо-экономических систем в условиях современного рыночного хозяйства играет использование многокритериальных моделей, моделирование на основе решения задач с двумя переменными, использование дифференциальных методов и статистических методов исследования случайных событий (Монте-Карло).

Решение задач с двумя переменными по итогам прогноза самого факта возникновения ЧС даст возможность на основе классических макроэкономических моделей

<sup>10</sup> Горяченко В.Д. Исследование динамики численности отдельной популяции с учетом последствий. Краткий обзор // Нелинейные колебания и экология. Ярославль, 1984. С. 72; Кашенко С.А., Майоров В.В., Мячин М.Л. Колебания в системах уравнения с запаздыванием и разностной диффузией, моделирующей локальные нейронные сети // ДАН России. 1995. Т. 344. №3. С. 139; Захаров А.А., Колесов Ю.С., Спокойнов А.Н., Федотов Н.Б. Теоретическое объяснение десятилетнего цикла колебаний численности млекопитающих в Канаде и Якутии // Исследования по устойчивости и теории колебаний. Ярославль. 1983. С. 48.

<sup>11</sup> Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. М., 2000. С. 201.

<sup>12</sup> Малинецкий Г.Г., Подлазов А.В. Парадигма самоорганизованной критичности. Иерархия моделей и пределы предсказуемости // Прикладная нелинейная динамика. Известия ВУЗов. 1997. Т. 5. №5. С. 94.

<sup>13</sup> Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. М., 2000. С. 227.

<sup>14</sup> Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования развивающейся экономики. М., 1996. С. 65.

<sup>15</sup> Малыхин В.И. Математика в экономике: Учебное пособие. М., 2002. С. 347.



проиллюстрировать состояние рынка целых макрорегионов. Практический опыт в разработке подобных моделей имеется уже давно. Созданные в Ташкентском Государственном Университете ещё в 1995 г., подобные модели показали высокую степень своего практического использования при решении задач экономического характера в период кризисов конца 90-х годов.

Использование дифференциальных методов позволит анализировать эластичности изменения результирующих показателей в ответ на соответствующее воздействие, позволит более эффективно планировать.

Метод статистических испытаний (Монте-Карло) даст возможность оценки случайных величин и формализованного описания неопределенности <sup>16</sup>.

Проблемой использования данных методов может служить отсутствие обоснованных баз данных. Выход из данной ситуации, по нашему мнению, лежит в более широком использовании экспертных методов.

Подводя итог, можно отметить, что в современных условиях необходимо решительным образом отходить от методов прямого счета, которые использовались 15-20 лет назад. Заказчики подобных прогнозов для этого с самого начала должны требовать высокого уровня выходной информации, соответствующего современным научным достижениям. А разработчикам же, в свою очередь, следует шире использовать уже имеющиеся наработки с учетом их коррекции под соответствующие конкретные условия.

Примером подобного научного обеспечения может служить разработанная под управлением профессора С.М. Флейшмана <sup>17</sup> методика определения зон затопления при прорыве гидротехнических сооружений. Эта методика была разработана в 70-х годах на основе привлечения нескольких НИИ, создания имитационных моделей, большого количества экспериментов и определения эмпирических формул ширины и длины зоны затопления в зависимости от высоты волн прорыва. Именно эта методика была положена в основу большинства прогнозов прорыва плотин ГЭС бывшего СССР, и именно она в настоящее время принята в качестве нормативной при разработке прогнозов в современной России.

Особо важное значение научное обеспечение вопросов прогнозирования должно иметь место в регионах страны. Там оно должно строиться на предварительном осуществлении большого объема научных работ:

- разработка комплекса документов по организации экономической оценки последствий ЧС, а также по осуществлению учета и контроля за расходованием средств, направляемых на проведение мероприятий по предотвращению и ликвидации ЧС;
- организация служб наблюдения за развитием потенциально опасных процессов и состоянием потенциально опасных объектов;
- разработка схем развития и размещения производительных сил регионов с учетом создания дублирующих производств жизнеобеспечения населения, а также дублирующих средств коммуникаций (транспортных, энергетических, связи);
- проведение исследований по анализу возможностей автономного функционирования административно-территориальных образований;
- организация мониторинга межрегиональных и внешнеторговых балансов (по видам продукции) с целью управления поставками наиболее важных ресурсов;
- разработка комплекса прогнозов последствий ЧС на потенциально опасных объектах с прогнозированием потребностей в специальных формированиях и объемах средств, необходимых для ликвидации последствий ЧС;

<sup>16</sup> Мишин В.М. Исследование систем управления: Учебник для вузов. М., 2003. С. 121.

<sup>17</sup> См.: Флейшман С.М. Сели. М., 1978.



– разработка стратегии импортозамещения продукции, особенно тех её видов, которые входят в перечень продуктов питания и товаров первой необходимости, используемых для жизнеобеспечения пострадавшего населения;

– создание геоинформационных систем административно-территориальных образований для оперативного картирования территорий и определения зон бедствий;

– математическое моделирование межотраслевых балансов в целях обеспечения оценки комплексного экономического ущерба, оптимизации производства и распределения продукции в случае возникновения ЧС.

Осуществление данных мер позволит уточнить систему отношений, на основе которой данные прогнозы будут строиться. Оно даст возможность определиться с видами опасностей, характером и объемами потерь, а также с объемами средств, которые могут быть использованы для локализации и преодоления последствий бедствий.

Таким образом, можно сформулировать следующие выводы:

– важным фактором современного социально-экономического развития во все большей степени выступают разнообразные ЧС. Это особенно характерно для России, отличающейся сложными природно-климатическими и хозяйственными условиями;

– основу управления составляет Государственная система по ЧС, которая пронизывает всю отраслевую и территориальную структуру нашей страны;

– главной характеристикой управления столь масштабной и разноплановой системой является стратегия, основанная на стремлении достижения «нулевого риска», важнейшим условием чего является наличие прогнозов возникновения ЧС и их последствий;

– современные прогнозы далеки от передового уровня и в целом соответствуют возможностям ещё 70-х гг.;

– современный уровень развития вычислительной техники, разработки математических алгоритмов и методов моделирования создает условия для того, чтобы поднять вопросы прогнозирования возможности возникновения ЧС и их экономических последствий на принципиально новый уровень. Настало время принятия масштабных целевых программ, как в целом по совершенствованию Государственной системы по ЧС, так и по развитию прогнозирования.

В целом развитие прогнозирования поднимет управление в ЧС на передовой уровень и может стать важным стимулом активизации и повышения эффективности общего социально-экономического развития как отдельных регионов России, так и всей страны в целом.

## EMERGENCIES` CONSEQUENCES PROGNOSTICATION IN CONTEMPORARY RUSSIA

In last years, practice obviously demonstrates strong influence of different emergencies on economy of the Russian regions. There are war conflicts, biological hazards, nature and technological disasters, economic crisis. There is a need of systematical improvement of the state emergency management system. Important aspect of these activities is prediction of economy consequences. Prognostication of emergencies was always very acute, but not always fulfilled effectively. At the moment emergencies prediction is not good as well. Overcoming of the problem can be an important factor of general economy sustainability and population security.

A.A. VAKARYOV

*Volzhsky Institute of Economics,  
Pedagogy and Law*

*e-mail: management@viepp.ru*

Key words: emergencies, hazards, consequences of emergencies, emergency management, prognostication, economy sustainability, mathematical methods of prognostication, data bases

---

# ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ

---

УДК 303.732.4

## РЕСТРУКТУРИЗАЦИЯ ВЫПЛАТ ПО ИПОТЕЧНОМУ КРЕДИТУ

**М.Ф. ТУБОЛЬЦЕВ  
В.И. БОЛТЕНКОВ**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: boltenkov@bsu.edu.ru*

Изложена новая методика реструктуризации выплат по ипотечным кредитам, позволяющая унифицировать необходимые расчеты, учитывающая все основные системные факторы и обобщающая известный принцип эквивалентного изменения платежей. Методика реструктуризации графика ипотечных выплат позволяет произвести реструктуризацию, не ущемляя интересов кредитора и заемщика, давая последнему возможность выполнения обязательств и при ухудшении финансового положения, вызванного кризисом. При этом используется принцип сохранения доходности, позволяющий записать уравнения реструктуризации в замкнутой форме, что полностью исключает субъективный фактор.

Ключевые слова: ипотека, ипотечный кредит, финансовая операция, финансовые системы, методика агрегирования финансовых операций, реструктуризация финансовых операций, принцип эквивалентного изменения платежей, принцип эквивалентного изменения финансовых систем, реструктуризация финансовых систем.

Начало мирового финансового кризиса принято связывать с кризисом неплатежей по ипотечным кредитам в США. Не пытаясь анализировать причины мирового финансового кризиса, отметим только два обстоятельства:

- сектор ипотечного кредитования в США настолько важен для финансовой системы этой страны, что начавшийся в нем кризис затронул и весь финансовый рынок;
- проблема неплатежей по ипотечным кредитам способна нарушить нормальное функционирование всего финансового рынка.

Из этого нетрудно сделать вывод о том, что проблема неплатежей по ипотечным кредитам требует очень серьезного и научно проработанного подхода. При этом необходимо учитывать ряд важных особенностей и специфических черт ипотечного кредитования.

При ипотечном кредитовании заемщик получает кредит на покупку некоторого объекта недвижимости на первичном или вторичном рынке жилья. Обязательством заемщика перед кредитором является погашение кредита, а обеспечивает исполнение этого обязательства залог недвижимости, на покупку которой (как правило) и взят

кредит. Недвижимость, приобретенная с помощью ипотеки, является собственностью заемщика кредита с момента приобретения. Термин «ипотека» в России обычно применяется в связи с решением жилищных проблем (хотя за рубежом он применяется в более широком контексте). В России ипотека находит поддержку государства в виде разработанного ипотечного законодательства, а также специально созданных государством ипотечных агентств.

При рассмотрении проблемы ипотечных неплатежей можно абстрагироваться от большей части контекста, поскольку главным для заемщика (да и банка-кредитора тоже) является четкое исполнение заемщиком графика ипотечных платежей. Именно отклонение заемщика от установленного банком-кредитором графика и составляет проблему неплатежей. Порождает эту проблему (особенно часто в условиях кризиса) снижение финансовых возможностей заемщика. Разумеется, могут существовать и иные причины, по которым заемщик вынужден просить банк-кредитор пересмотреть график платежей (бывают случаи досрочного погашения ипотечного кредита).

Важно отметить, что, в отличие от ломбардного кредита, при ипотечном кредитовании у кредитора нет большой заинтересованности в приобретении залога, хотя его оценочная стоимость, установленная профессиональным оценщиком недвижимости при выдаче ипотечного кредита, обычно на 25-30% превышает сумму кредита. Ипотечному банку выгоднее заниматься профильной деятельностью, чем осуществлять какие-то операции на рынке недвижимости, требующие совсем иных профессиональных компетенций.

Поэтому при анализе проблемы неплатежей по ипотечным кредитам следует исходить из предположения, что и кредитор и заемщик заинтересованы в такой реструктуризации графика ипотечных платежей, при которой, во-первых, график платежей станет выполнимым для заемщика; во-вторых, сохранится установленный баланс интересов кредитора и заемщика.

Необходимость первого требования очевидна, поскольку кредитор не заинтересован в приобретении залога и желает продолжения прежних отношений кредитования (разумеется, в отдельных случаях кредитор возьмет залог, но перед ним возникнет сложная в условиях кризиса проблема реализации недвижимости). Второе условие является ключевым при реструктуризации в любых финансовых операциях. Его сложность состоит в необходимости формализации баланса интересов кредитора и заемщика, которые у каждого свои.

Сейчас наиболее распространенным способом такой формализации является уравнение эквивалентности платежей<sup>1</sup>. Принцип эквивалентности платежей формулируется следующим образом. Пусть  $\{S_i\}$ ,  $i=1, \dots, n$  – некоторая последовательность платежей, которая должна быть осуществлена в будущем, а  $\{P_j\}$ ,  $j=1, \dots, m$  – другая последовательность платежей, которой предполагается заменить первую. Согласно критерию эквивалентности платежей, должно выполняться условие:

$$\sum_{i=1}^n S^d_i = \sum_{j=1}^m P^d_j, \quad (1)$$

где верхние значки  $d$  означают, что осуществляется дисконтирование соответствующих платежей на некоторый момент времени. Недостатки этого подхода, игнорирующего требования системного анализа, снижают его практическую ценность, а часто делают его неприемлемым. Как правило, реструктуризация, проведенная таким способом, увеличивает переплату по ипотечному кредиту. Это совсем не то, ради чего осуществляется реструктуризация ипотеки. Но это – прямое следствие

<sup>1</sup> Четыркин Е.М. Методы финансовых и коммерческих расчетов. М., 1995. С. 137.

используемой методики расчетов. Разработан более общий, системный подход к реструктуризации финансовых операций, частным случаем которого является уравнение эквивалентности платежей<sup>2</sup>.

Техника системного подхода к реструктуризации основана на использовании функции потока, которая задается следующим образом. Пусть множество упорядоченных пар  $\{(t_i, C_i)\}$  представляет собой последовательное выбытие/поступление финансовых активов на счет физического лица (заемщика ипотечного кредита) в размере  $C_i$  (с учетом знака) в некоторые моменты времени  $t_i$ , тогда функция потока определяется следующей формулой:

$$F(V) = \sum_{i=1}^N C_i V^{t_i - t_1}, \quad (2)$$

где  $N$  – число элементов финансового потока.

Реструктуризация финансовой операции осуществляется путем согласованного изменения параметров на основе следующих соотношений:

$$\begin{cases} F(V) = 0 \\ F_R(V) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

где  $F(V)$  – функция потока ипотечной кредитной операции до реструктуризации, а  $F_R(V)$  – функция потока ипотечной кредитной операции после реструктуризации. Из первого уравнения системы (3) определяется доходность  $r^*$  ипотечной кредитной операции, поскольку она связана с множителем дисконтирования простым соотношением:

$$r^* = \frac{1}{V} - 1. \quad (4)$$

Второе уравнение системы (3) позволяет, зная доходность до реструктуризации, определить параметры реструктурированной операции ипотечного кредитования. В целом система (3) является полностью определенной и не требует априорного задания никаких параметров (является замкнутой). В этом ее коренное отличие от уравнения эквивалентности (1), в котором для дисконтирования нужно задать ставку сравнения. Именно это является причиной того, что после реструктуризации с использованием уравнения эквивалентности доходность операции ипотечного кредитования изменяется. Суть системного подхода к реструктуризации ипотечных платежей состоит в том, чтобы:

- снизить размер выплат;
- сохранить доходность кредита для банка-кредитора или, что то же самое, сохранить стоимость кредита для заемщика.

Выполнение первого условия при достаточном снижении выплат делает график выполнимым для заемщика, а выполнение второго – сохраняет исходный баланс интересов (банк сохраняет устраивающую его доходность капитала, а заемщик не увеличивает стоимость заемных средств). При этом, разумеется, увеличивается срок ипотечного кредитования и сумма по обслуживанию долга, но в меньшей степени, чем при использовании современных методик, основанных на уравнении эквивалентности.

<sup>2</sup> Тубольцев М.Ф. Реинжиниринг систем финансовых операций // Научные ведомости БелГУ. Серия «История. Политология. Экономика». 2007. №4 (35). Вып. 3. С. 226-231.

Для более детального анализа рассмотрим способы составления графиков ипотечных выплат, применяемые в России. Изложение будем сопровождать рассмотрением не самого типичного, но вполне реалистичного примера.

Пусть квартира стоимостью 3 млн. рублей ( $K=3000000$ ) куплена с помощью ипотечного кредита, выданного под 12% годовых ( $j=12\%$ ) сроком на 10 лет ( $n=10$ ). Сумма кредита составляет 90% от суммы покупаемой недвижимости (остальное – собственные средства заемщика). Кредит ( $D=3000000 \cdot 0.9=2700000$ ) погашается срочными платежами ежемесячно ( $p=12$ ) с момента получения кредита. Банк может начислять проценты по кредиту несколько раз в году. По отношению к заемщику гуманно начислять проценты после каждого срочного платежа, т.е. ежемесячно ( $m=p$ ). С теоретической точки зрения, наилучший способ начисления процентов – непрерывный, с использованием сложных процентных ставок, но традиция применения номинальных процентных ставок еще существует. Следует отметить также необходимость ежегодного страхования заемщиком недвижимости на сумму невыплаченного долга (это ведет к удорожанию кредита и дополнительным затратам). От этого обстоятельства, которое усложняет вычисления, но существенного влияния не оказывает, будем абстрагироваться.

В курсах финансовых вычислений рассматривается два варианта погашения долгосрочных кредитов (а ипотечный кредит представляет собой вид долгосрочного кредита):

- погашение долгосрочного кредита равными частями;
- погашение долгосрочного кредита равными срочными платежами<sup>3</sup>.

При погашении долгосрочного кредита равными частями переменные выплаты состоят из постоянной части (части выплачиваемого основного долга) и уменьшающейся переменной части (процентов по основному долгу). В целом переменные выплаты уменьшаются, что означает большую нагрузку для заемщика в самом начале выплат. Банки-кредиторы охотно применяют этот способ составления графика ипотечных выплат, поскольку он обеспечивает ритмичное погашение основного долга, а заемщики имеют снижающуюся финансовую нагрузку. Величина срочной уплаты  $d_k$  находится по формуле:

$$d_k = \frac{D}{12n} + D \left(1 - \frac{k-1}{12n}\right) \frac{j}{12}, \quad (5)$$

где  $k=1, 2, \dots, 12n$ .

Сумма по обслуживанию кредита  $S$  определяется соотношением:

$$S = 0.5Dj \left(n + \frac{1}{12}\right), \quad (6)$$

где  $n$  – число лет погашения ипотечного кредита, а  $j$  – номинальная процентная ставка по кредиту.

Если погашение долгосрочного кредита производится равными срочными платежами, выплаты, осуществляемые заемщиком, постоянны и состоят из двух переменных частей: увеличивающихся выплат по основному долгу и уменьшающихся выплат процентов по основному долгу. Этот вариант выплат ипотечного кредита, по сути, менее выгоден и кредитору и заемщику, но используется не менее часто, чем первый ва-

<sup>3</sup> Тубольцев, М.Ф. Введение в финансовую математику: учеб. пособие. Белгород, 2005.

риант. Кредитору он менее выгоден тем, что медленнее выплачивается кредит, а для заемщика выше общие затраты по обслуживанию долга. Постоянные срочные уплаты постоянны ( $d_k=d$ ) и находятся по формуле:

$$d = \frac{D \cdot \frac{j}{12} (1 + \frac{j}{12})^{12n}}{(1 + \frac{j}{12})^{12n} - 1}, \quad (7)$$

поскольку  $m=p=12$ <sup>4</sup>.

Применительно к ипотечным кредитам, в России принята следующая терминология. Вариант погашения долга равными частями называется дифференциальным (выплаты различны), а вариант погашения равными срочными уплатами – аннуитетным (постоянные платежи образуют ренту – аннуитет). Деньги, ушедшие на выплату процентов (обслуживание долга) называются переплатой. Переплата может значительно превосходить стоимость купленной недвижимости, особенно при длительных сроках ипотеки.

В нашем примере сумма по обслуживанию ипотечного кредита (переплата) при дифференцированных платежах составит 1633500 рублей, а при аннуитетных платежах – 1948459 рублей. Разница достаточно велика и составляет более трехсот тысяч рублей, т.е. более 10% от суммы ипотечного кредита. Расчет уровня внутренней доходности показывает, что стоимость кредита для заемщика составляет  $\approx 12,6641\%$  и при дифференцированных, и при аннуитетных платежах. Отклонение доходности от номинальной ставки объясняется тем, что только при непрерывном начислении процентов бывает полное совпадение. Интересно, что при аннуитетных платежах размером 38737 рублей, дифференциальные платежи изменялись от начального значения 49500 рублей до конечного значения 22725 рублей, т.е. снизились более чем в два раза; но только через 4 года стали меньше аннуитетных платежей.

Предположим теперь, что заемщик, регулярно плативший дифференциальные платежи в течение двух лет, обратился в ипотечный банк с просьбой о реструктуризации платежей в связи со снижением доходов. Было решено перейти на аннуитетные платежи и выплатить остаток кредита за 10 лет. Проведенные расчеты показывают, что если использовать методику реструктуризации платежей, основанную на принципе эквивалентности платежей, то: 1) стоимость кредита повысится с 12,66% до 13,09%, что крайне нежелательно для заемщика; 2) ежемесячные платежи составят 31 803,53 рубля, что превышает последнюю четверть платежей по старому графику. Если использовать системную методику реструктуризации, то: 1) стоимость кредита остается прежней; 2) ежемесячные платежи составят 30 969,30 рубля, что меньше, чем при эквивалентной замене платежей, и, следовательно, переплата будет меньше.

Проведенные расчеты показали также, что пролонгация платежей всегда приводит к дополнительной переплате, другими словами, стоимость обслуживания долгосрочного кредита и, в частности, ипотеки возрастает, если увеличивается срок погашения. Поэтому в условиях финансового кризиса и ухудшения финансового положения многих заемщиков аннуитетный способ погашения ипотечного кредита представляется более удобным для заемщика, в том числе и при проведении реструктуризации платежей путем их пролонгации.

<sup>4</sup> Мелкумов Я.С. Теоретическое и практическое пособие по финансовым вычислениям. М., 1996. С. 171.



Отметим также немаловажное в условиях компьютеризации и информатизации банковских процессов обстоятельство: системная методика реструктуризации является замкнутой и не требует участия эксперта в определении ставки сравнения, как того требует принцип эквивалентности платежей. Это дает возможность полной автоматизации расчетов в режиме реального времени.

## RE-STRUCTURING PAYMENTS UNDER HYPOTHECARY CREDIT

The article deals with a new technique of re-structuring of payments under hypothecary credits that allows to unify necessary calculations, considering all basic system factors, and generalizing a known principle of equivalent change of payments. The technique of re-structuring of the schedule of hypothecary payments allows to make re-structuring, without restraining interests of the creditor and the borrower, giving to the latter a possibility of performance of obligations and at deterioration of the financial position caused by crisis. The principle of preservation of the profitability is thus applied, allowing to write down the re-structuring equations in the closed form that completely excludes the subjective factor.

M.F. TUBOLTSEV

V.I. BOLTENKOV

*Belgorod State University*

*e-mail: boltenkov@bsu.edu.ru*

Keywords: mortgage, hypothecary credit, financial operation, financial systems, technique of aggregation of financial operations, re-structuring of financial operations, principle of equivalent change of payments, principle of equivalent change of financial systems, re-structuring of financial systems.



## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УЧАСТНИКОВ СИСТЕМЫ ИПОТЕЧНОГО КРЕДИТОВАНИЯ В РОССИИ НА ПРИМЕРЕ ИПОТЕЧНЫХ БРОКЕРОВ

**Д.П. ВАСИЛЬЕВА**

*Московский  
государственный  
университет экономики,  
статистики  
и информатики*

*e-mail: v\_dasha@inbox.ru*

В данной работе рассмотрены действующие основные участники системы ипотечного кредитования, их функции. Автор особое внимание уделяет взаимодействию профессиональных участников рынка ипотеки на примере ипотечных брокеров. Особенностью работы является то, что в ней рассмотрены тенденции и перспективы развития ипотечного брокериджа в Российской Федерации. Отражены особенности взаимодействия кредитных брокеров с потребителями ипотечных услуг, подробно рассмотрены преимущества при взаимодействии финансового института с ипотечным брокером. Автором предложен ряд критериев оценки надежности ипотечного брокера как профессионального участника рынка жилья. В статье рассмотрены вопросы становления института ипотечных брокеров, их лицензирование, регистрация и регулирование деятельности со стороны государства. Также в работе отражена ситуация на рынке ипотечного кредитования в условиях финансово-экономического кризиса в Российской Федерации.

Ключевые слова: ипотечное кредитование, ипотечный (кредитный) брокер, профессиональные участники системы ипотечного кредитования, недвижимость.

---

Задача обеспечения своих граждан жильем, доступным по цене и способу приобретения, по сей день является для любого государства одним из определяющих факторов его социальной политики.

Ипотечное кредитование – один из самых проверенных в мировой практике и надежных способов привлечения частных инвестиций в жилищную сферу. Именно ипотека позволяет наиболее выгодно сочетать интересы населения в улучшении жилищных условий, коммерческих банков и других кредиторов – в эффективной и прибыльной работе, строительного комплекса – в ритмичной загрузке производства и, конечно же, государства, заинтересованного в общем экономическом росте. Системы ипотечного инвестирования предусматривают механизм накопления и досрочного кредитования под невысокий процент. Ипотечные ссуды используются для финансирования, приобретения, постройки и перепланировки как жилых, так и производственных помещений. Залоговое имущество при этом является надежным обеспечением ссуды.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что для обеспечения развития ипотечного кредитования в России необходима отлаженная система кредитно-финансовых учреждений-посредников.

По действующему законодательству, ипотечное кредитование – это кредитование под залог недвижимости, служащей обеспечением исполнения основного денежного обязательства должником-залогодателем перед кредитором-залогодержателем, который приобретает право в случае неисполнения должником основного обязательства получить удовлетворение за счет заложенного имущества, собственником (владельцем) которого остается залогодатель<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Российская Федерация. Законы. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая). "О введении в действие части первой Гражданского кодекса Российской Федерации" № 52-ФЗ:[Фед. закон: принят 30 ноября 1994 г.]. М., 1994.



Население России составляет примерно 145 млн. человек. Не удивительно, что с проблемой приобретения жилья рано или поздно сталкивается каждый. Ипотека дает ограниченному в средствах покупателю возможность жить в собственной квартире, заплатив за нее лишь часть стоимости. Конечно, владельцу недвижимости, воспользовавшемуся услугами ипотеки, придется ежемесячно расплачиваться с кредитовавшим его банком. Поэтому в итоге квартира через ипотеку обойдется дороже недвижимости, купленной обычным путем. Однако при нынешней ситуации на рынке недвижимости ипотечное кредитование более выгодно для покупателей, чем система накопления, учитывая уровень ежегодной инфляции. К тому же проценты по кредиту вполне сопоставимы с ежемесячной арендной платой за аналогичную квартиру, с той лишь разницей, что арендуемая квартира своей не станет. Недвижимость, купленная с помощью ипотечного кредита, проходит тщательную проверку юридической чистоты банком и страховой компанией и оформляется в собственность заемщика при получении кредита. Институт ипотечного кредитования появился сравнительно недавно и процент граждан, которые решили свои жилищные проблемы посредством данного финансового инструмента, невелик.

В соответствии с вышеуказанным, на рынке долгосрочного ипотечного жилищного кредитования действуют следующие основные участники:

1) заемщики – физические лица, заключившие кредитные договоры с банками (кредитными организациями) или договоры займа с юридическими лицами (не кредитными организациями), по условиям которых полученные в виде кредита средства используются для приобретения жилья;

2) продавцы жилья – физические и юридические лица, продающие жилые помещения, находящиеся в их собственности или принадлежащие другим физическим или юридическим лицам. Они обеспечивают необходимый объем предложения на рынке;

3) кредиторы – банки (кредитные организации) и иные юридические лица, предоставляющие заемщикам в установленном законом порядке ипотечные кредиты (займы). По договору об ипотеке жилья кредитор становится залогодержателем, что дает ему возможность в случае неисполнения заемщиком обязательств по кредитному договору получить удовлетворение своих денежных требований к должнику из стоимости заложенного жилого помещения преимущественно перед другими кредиторами залогодателя;

4) операторы вторичного рынка ипотечных кредитов (агентства по ипотечному жилищному кредитованию) – специализированные организации, осуществляющие рефинансирование кредиторов, выдающих долгосрочные ипотечные жилищные кредиты населению;

5) государственные органы, обеспечивающие государственную регистрацию прав на недвижимое имущество и сделок с ним;

6) страховые компании – страховые компании, имеющие лицензии, осуществляющие имущественное страхование (страхование заложенного жилья), личное страхование заемщиков и страхование гражданско-правовой ответственности участников ипотечного рынка;

7) оценщики – юридические и физические лица, имеющие право на осуществление профессиональной оценки жилых помещений, являющихся предметом залога при ипотечном кредитовании;

8) риэлторские фирмы – профессиональные посредники на рынке купли-продажи жилья. К функциям риэлторов относятся: подбор вариантов купли-продажи жилья для заемщиков, помощь в заключении сделок по купле-продаже, организация

продажи жилья по поручению других участников рынка жилья, проверка юридической чистоты недвижимости;

9) инвесторы – юридические и физические лица, приобретающие ценные бумаги, обеспеченные ипотечными кредитами, эмитируемые кредиторами или операторами вторичного рынка. К их числу относятся пенсионные фонды, страховые компании, инвестиционные банки, паевые инвестиционные фонды и др.;

10) правительство РФ, которое создает условия для надежного и эффективного функционирования системы ипотечного кредитования, осуществляет надзор за деятельностью кредиторов и инфляционную поддержку сферы материального производства, содействие некоторым группам семей в приобретении жилья;

11) инфраструктурные звенья системы ипотечного кредитования – нотариат, паспортные службы, органы опеки и попечительства, юридические консультации и т.д., обеспечивающие необходимое юридическое сопровождение сделок с жилыми помещениями, регистрацию граждан по месту жительства (в том числе в заложенных квартирах и домах), защиту прав несовершеннолетних при заключении сделок с недвижимостью;

12) ипотечные (кредитные) брокеры – независимые организации или частные специалисты, либо входящие в штат кредитной организации посредники, работающие на рынке ипотечного кредитования и владеющие полной информацией об ипотечных кредитах<sup>2</sup>.

Все участники рынка ипотечных жилищных кредитов в той или иной мере уже сегодня действуют на рынке. Задача состоит в том, чтобы обеспечить их заинтересованность в эффективном взаимодействии с целью расширения возможностей, предоставляемых населению для улучшения жилищных условий.

Ипотечные брокеры появились в нашей стране в последние три года, когда в России более-менее стабильно начал работать институт ипотечного кредитования. Профессиональные ипотечные брокеры – важный элемент современной кредитно-финансовой сферы, носящий социально-значимый характер деятельности. На фоне бурного роста кредитования и востребованности квалифицированной помощи в этом вопросе, действительно, можно говорить о значительном вкладе в развитие и становление кредитно-финансовых отношений всех тех, кто стоит сегодня у истоков разработки и внедрения методов и стандартов работы профессиональных кредитных и финансовых посредников.

Ипотечный брокеридж – это посредническая деятельность ипотечного брокера, конечной целью которой является получение клиентом кредита или заключения других финансовых сделок на самых выгодных и удобных для клиента условиях. Данная деятельность также заключается в поиске и подборе оптимальных условий кредитования для будущего заемщика, выборе банка или другого кредитно-финансового учреждения, предоставлении помощи в формировании пакета документов для кредитного комитета, юридическая и финансовая консультация клиента.

Ипотечный брокер сопровождает клиента на всем пути от выбора ипотечной программы до подписания кредитного договора, координируя основных участников сделки – банк, страховую компанию, продавцов жилья, оценочную компанию, а также гарантирует юридическую чистоту сделки (см рис. 1).

---

<sup>2</sup> Багаев А.Н. Как приобрести жилье в кредит по ипотечным программам? / Под общ. ред. А.М. Спивак. Ростов н/Д, 2006. С. 40.

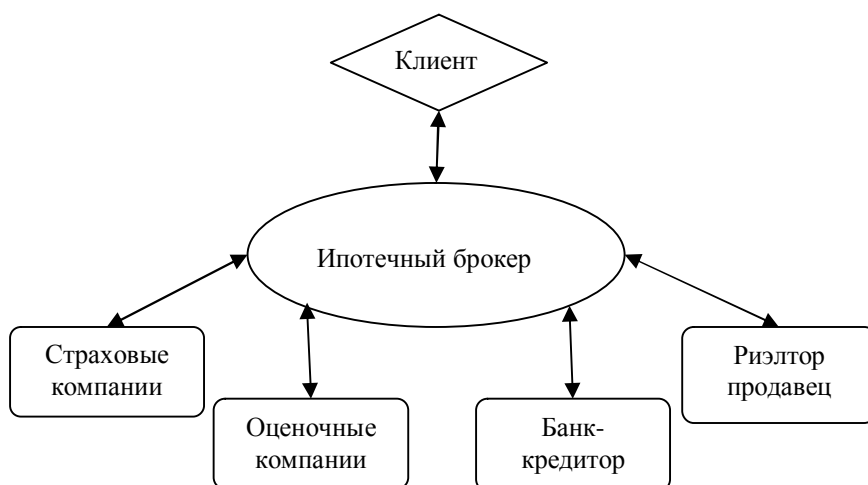


Рис. 1. Взаимодействие ипотечного брокера с основными участниками рынка ипотеки

На сегодняшний день многие российские ипотечные брокеры предлагают своим клиентам следующие услуги:

- оценка кредитоспособности заемщика и анализ его финансовой устойчивости;
- подбор банка-кредитора с наилучшими условиями кредитования (выгодная процентная ставка, срок кредитования, валюта кредита, оптимальные требования к предмету залога);
- расчет всех предстоящих расходов по кредиту (комиссии банка, оплата страховой и оценочной компании, услуги нотариуса, услуги риэлтора, оплата государственных пошлин при сделке купли-продажи);
- анализ документов для формирования кредитного досье;
- формирование пакета документов (помощь в заполнении анкеты заемщика, проверка на предмет правильности оформления);
- доставка заявки в банк и уменьшение срока рассмотрения заявки, а также снижение риска отказа на получение кредита;
- координирование всех участников ипотечной сделки (помощь в подборе страховой и оценочной компании, сбор всех необходимых документов);
- андеррайтинг предмета ипотеки и юридическое сопровождение сделки.

По мнению автора, ипотечный брокер должен оказывать полный спектр услуг, необходимых для получения положительного решения со стороны банка о кредитовании заемщика для последующего приобретения им недвижимости. Ипотечные брокеры также должны обеспечивать индивидуальный подход к каждому клиенту, квалифицированную финансовую консультацию и оперативную обработку документов.

В России на сегодняшний день услуги ипотечных брокеров ещё не получили широкого распространения. Доля кредитов, полученных с помощью ипотечных брокеров, – около 15-18 % от общего числа. Для сравнения, опыт зарубежных экономически развитых государств показывает, что доля ипотечных кредитов, реализованных с помощью ипотечных брокеров, составляет порядка 60-80% от общего числа заемщиков<sup>3</sup>.

Сам факт появления кредитно-брокерских компаний в России говорит о том, что услугами ипотечных брокеров сейчас пользуются в основном занятые люди, у ко-

<sup>3</sup> Полтерович В.М. Формирование ипотеки в догоняющих экономиках: проблема трансплантации институтов: науч. изд. М., 2008. С. 141.

торых не хватает времени на обработку огромного количества информации о программах (продуктах) банка и на сбор всех необходимых документов для получения кредита. Уже сейчас клиенты понимают что, имея выбор из нескольких банков, можно получить кредит на более выгодных условиях, сэкономить денежные средства на процентной ставке и оптимизировать дополнительные расходы. Именно профессиональные ипотечные брокеры, благодаря наличию перманентно пополняемой базы данных, находят самые низкие возможные ставки путем сравнения условий всех игроков рынка. Важен и тот факт, что ипотечная компания не должна быть аффилированной организацией конкретного банка. Таким образом, соединяя профессионализм с опытом и информированностью, независимый профессиональный ипотечный брокер всегда поможет найти самое выгодное и экономное решение. Немаловажно, что брокер экономит время заемщика, что для большинства клиентов является одним из основных параметров в получении ипотечного кредита.

Сегодня на рынке присутствуют две бизнес-модели. Одна модель, при которой ипотечный брокер получает оплату своих услуг от клиента. Комиссия может быть фиксированной и составлять от 10 000 до 100 000 рублей (в зависимости от количества услуг, выбранных клиентом, и сложностей в оформлении сделки) или же 1,5-3% от суммы кредита по факту его получения. Все условия оговариваются клиентом в договоре с ипотечным брокером. По второй модели ипотечный брокер получает вознаграждение за свои услуги от банков, в этом случае для клиента услуги со стороны брокера становятся бесплатными<sup>4</sup>.

Бесспорно, развитие тесного взаимоотношения между банками и ипотечными брокерами является одним из механизмов расширения и внедрения банковских продуктов гражданам, следовательно, большинство финансовых учреждений с готовностью сотрудничает с ипотечными брокерами.

В частности, можно перечислить ряд преимуществ при взаимодействии финансового института с ипотечным брокером:

- дополнительный канал продаж кредитных продуктов банка, и как следствие, снижение затрат на рекламу;
- привлечение в банк качественного дополнительного потока клиентов;
- снижение трудозатрат банка по первичной консультации и предварительному андеррайтингу заемщика;
- снижение трудозатрат по формированию кредитного досье;
- получение дополнительной информации о востребованности кредитных продуктов банка и потребностях потенциальных заемщиков;
- возможность оперативного реагирования на изменение потребностей заемщиков и повышение конкурентоспособности линейки программных продуктов банка.

В последние годы к банкам и многим потребителям услуги пришло понимание необходимости кредитных брокеров как специалистов финансового рынка. Сегодня абсолютное большинство ведущих банков открыто подтверждают, что активно сотрудничает с брокерами. Банки для кредитных брокеров предоставляют различные преференции и льготы, такие как снижение процентной ставки на весь срок кредитования, снижение комиссий по оформлению ипотеки, уменьшение срока рассмотрения заявки, выплата вознаграждений. Банки обычно подписывают договоры с брокерами, в этих договорах прописывается процесс взаимодействия между ними. Наличие таких договоров является подтверждением статуса брокерской компании, поскольку банки предпочитают работать только с открытыми, прозрачными и понятными для них организациями. Оценивая перспективы развития кредитно-финансовой системы в целом, можно говорить с уверенностью, что профессиональное сообщество ипотечных

---

<sup>4</sup> Шевчук Д.А. Квартира в кредит без проблем: юридическая консультация. М., 2008. С. 101.



брокеров, либо крупные кредитно-брокерские компании смогут в значительной степени заменить front-офисы банков. Но, конечно, не до конца решены проблемы с регулированием деятельности и профессионализмом кредитных брокеров.

В США брокеры возникали, преимущественно, при риэлторских фирмах или как самостоятельные структуры. Деятельность ипотечных брокеров в США обеспечивается не только жестким регулированием на уровне федерального и регионального законодательства, но и организациями, которые следят за деятельностью брокеров и в случаях нарушения могут даже лишить брокера лицензии. В 1973 году в США была создана Национальная ассоциация ипотечных брокеров. Она объединяет 46 штатов и выдает профессиональные сертификаты. Ипотечные брокеры, вступающие в ассоциацию, должны подписать кодекс профессиональной этики.

Уровень развития ипотечного брокериджа в США заставляет специалистов крупнейших российских компаний анализировать и перенимать западный опыт. Российским компаниям стоит внимательнейшим образом анализировать рынок США и других стран с развитой экономикой, чтобы иметь возможность планировать свою деятельность на долгосрочную перспективу.

В последнее время в нашей стране активно обсуждаются вопросы становления института Ипотечных брокеров, их лицензирование, регистрация и регулирование деятельности со стороны государства. Сегодня единственным способом регулирования деятельности кредитных брокеров в России являются профессиональные некоммерческие объединения, такие как Ассоциация Кредитных Брокеров, либо вновь созданная Федерация Профессиональных Кредитных Брокеров. Наличие свидетельства об участии в таком объединении является определенным показателем добросовестности и профессионализма в деятельности кредитного брокера.

Функции некоммерческих объединений кредитных брокеров:

- контроль за соблюдением участниками организации установленных правил (посредством приема жалоб от потребителей услуг и отчетов банков о работе с кредитным брокером);
- оказание квалифицированной правовой помощи и информационной поддержки кредитным брокерам;
- проведение третейского разбирательства споров, возникающих между ее участниками и потребителями услуг;
- представление общих интересов участников в органах государственной власти;
- организация профессионального обучения и курсов по повышению квалификации для сотрудников;
- сотрудничество с кредитными организациями, представительство интересов кредитных брокеров;
- проведение добровольной сертификации.

Исходя из вышеизложенного, автором предложен ряд критериев определения надежности брокерской компании:

1. Регулирование деятельности ипотечного брокера государством или саморегулируемыми организациями: лицензии, сертификаты.
2. Наличие прозрачной структуры учредителей и менеджмента компании.
3. Наличие документально закрепленных правовых взаимоотношений с клиентами – физическими лицами.
4. Независимость ипотечного брокера от банков, которые предоставляют кредит.
5. Наличие документально подтвержденных взаимоотношений с ведущими финансовыми институтами.
6. Продвижение услуг ипотечных брокеров со стороны банка, рекомендации банка, информационная поддержка.
7. Рекомендации клиентов, воспользовавшихся услугами ипотечного брокера.
8. Участие брокерской компании в отраслевых сообществах, организованных ведущими игроками этого сектора кредитного рынка.



### 9. Профессионализм и высокая квалификация персонала.

Сейчас, в период финансово-экономического кризиса, роль брокеров очень важна, так как ипотечный рынок практически замер и вновь начнет оживать, по разным оценкам, в конце 2009 года или, по пессимистическим прогнозам, – лишь в 2010 году<sup>5</sup>. В ближайшее время только несколько банков продолжат выдавать ипотеку, ставки выросли на несколько пунктов, практически прекратилась реклама ипотечных программ, количество сделок резко сократилось, а процедура получения кредита стала непростой и весьма длительной. Многие кредитные организации, которые официально не объявляли о закрытии своих ипотечных программ, массово отказывают потенциальным заемщикам. Обращение к посреднику поможет потенциальному заемщику сэкономить время и не ждать ответа от банка, который фактически уже не выдает ипотеку. Ситуация на ипотечном рынке постоянно меняется, поэтому уследить за всеми изменениями обычному заемщику не под силу.

Региональный рынок кредитного брокериджа в Белгородской области пока находится в стадии становления. Развиваться он будет так же, как и другие рынки – на нем появятся как игроки федерального масштаба, так и крупные региональные компании. Несомненно, в регионах перспективы развития и становления кредитного брокериджа на профессиональный уровень высоки, что является закономерным для развития эффективной кредитно-финансовой системы.

Подводя итог, автор отмечает, что развитие кредитного брокериджа связано с потребностью в профессиональных консультациях и услугах в сфере подготовки ипотечных сделок, а также с формированием финансовой модели функционирования кредитного брокера. В ближайшем будущем хотелось бы увидеть интенсивный рост числа профессиональных ипотечных брокеров, активное продвижение ипотечных программ в регионах, выработку единых стандартов деятельности.

При этом сотрудничество с брокерами выгодно как потенциальным клиентам, так и кредитным организациям, страховым компаниям и риэлторским фирмам. На новом рынке кредитных брокеров объем предлагаемых услуг будет увеличиваться. Предполагается, что в будущем брокеры будут предлагать широкий ассортимент услуг, включая продажу Пифов, страховых продуктов, подбор выгодных депозитов и другое.

## INTERACTIONS OF PROFESSIONAL PARTICIPANTS OF SYSTEM OF MORTGAGE CREDITING IN RUSSIA ON THE EXAMPLE OF MORTGAGE BROKERS

In the given work, basic operating participants of system of mortgage crediting, their function are considered. The author gives special attention to interaction of professional participants of the market of the mortgage on an example of mortgage brokers. Feature of work is that it tendencies and prospects of development mortgage in the Russian Federation are considered. Features of interaction of credit brokers with consumers of mortgage services are reflected, advantages are in detail considered at interaction of financial institutions with the mortgage broker. The author offers a number of criteria of an estimation of reliability of the mortgage broker as professional participant of the market of habitation. In article questions of formation of institute of mortgage brokers, their licensing, registration and activity regulation from outside the states are considered. Also in work the situation is reflected in the market of mortgage crediting in the conditions of financial and economic crisis in the Russian Federation.

D.P. VASILIEVA

*Moscow State University  
of Economics, Statistics  
and Computer Science*

*e-mail: v\_dasha@inbox.ru*

Keywords: mortgage crediting, the mortgage (credit) broker, professional participants of system of mortgage crediting, the real estate.

---

<sup>5</sup> Тюлюкова Н. Вернуть все сполна // Личный бюджет. 2009, январь. С.37.

## ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВУЗОВ КАК ФАКТОР КОНКУРЕНТНОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

**М.В. ВЛАДЫКА**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: Vladyka@bsu.edu.ru*

При рассмотрении инновационной деятельности как важнейшей тенденции развития высшей школы России на передний план выступают проблемы становления и развития инновационного потенциала вузов, интеграции новых организационных форм инновационных процессов в образовании и их включенности в систему государственных, научных, рыночных и общественных институтов. В современных условиях инновационный потенциал высшей школы представляет собой механизм влияния не только на развитие образования и науки в стране или регионе, но и на экономику, социальную сферу.

Ключевые слова: инновационный потенциал, высшая школа, интеграция, новые организационные формы, механизмы влияния.

Необходимость качественных сдвигов, происходящих в современной экономике, связана с убывающими возможностями и снижающейся эффективностью традиционных ресурсов экономического роста. Это означает, что доминантой в становлении модели экономического роста России в XXI веке становится система инновационного развития научных знаний, новых технологий, продуктов и услуг. При рассмотрении инновационной деятельности как важнейшей тенденции развития высшей школы России на передний план выступают проблемы становления и развития инновационного потенциала вузов, интеграции новых организационных форм инновационных процессов в образовании на основе их инкорпорированности в систему государственных, научных, рыночных и общественных институтов.

Теоретическое осмысление сущностной природы феномена инновационного потенциала, специфики содержательного и структурного аспектов реализации управленческих функций в крупных звеньях высшей школы России – вузах – приобретает в контексте рыночно-трансформационных преобразований особую значимость для построения методологического базиса управления инновационным потенциалом высших учебных заведений, что позволяет идентифицировать ряд значимых аспектов<sup>1</sup>. К рассмотрению сущности инновационного потенциала высшей школы следует подходить как к экономической категории, являющейся иерархически организованной системой отношений, находящихся в разной степени приближения к сущности потенциала<sup>2</sup>. При этом раскрывается совокупность не одноуровневых, а логически вытекающих, скоординированных относительно друг друга категорий, что в итоге характеризует многоуровневую сущность инновационного потенциала высшей школы.

<sup>1</sup> Жиц Г.И. Инновационный потенциал высшей школы: параметры. Саратов, 2004. С. 48; Морган Э., Князев Е.А. Управление и организационная адаптация российских университетов в условиях ресурсного дефицита // Университетское управление: практика и анализ. 2003. №1 (24). С. 17-29; Инновационная экономика / Под ред. А.А. Дынкина, Н.И. Ивановой. 3-е изд., испр. и доп. М., 2006. С. 192; Канторович Г.Г., Кузьминов Я.И., Писляков В.В. Университетские инновации: опыт Высшей школы экономики / Под ред. Я.И. Кузьминова. М., 2006. С. 214.

<sup>2</sup> Дорошенко Ю.А. Экономический потенциал территорий. СПб., 1997. С.8–9; Кокурин Д.И., Шепелев В.М. Инновации в России: Институциональный анализ (проблемы собственности, рынка и налогового стимулирования). М., 2004. С. 48 –51; Инновационный потенциал в новой экономике / Пер. с англ. М., 2006. С. 45 – 47.



Методологически важно разведение и разграничение понятий<sup>3</sup> «инновационный потенциал высшей школы», «инновационная деятельность высшей школы», «инновационные ресурсы высшей школы», «инновационная сфера высшей школы». Они являются не рядоположными по отношению друг к другу, а субординированными и логически связанными, отражая различную степень выражения многоуровневой сущности потенциала.

Как считают авторы<sup>4</sup>, инновационный потенциал вузов представляет собой системную совокупность взаимодействующих и взаимосвязанных инновационных ресурсов сектора высшей школы, необходимых в процессе осуществления инновационной деятельности с учетом их ограниченного характера и возможного (положительного или отрицательного) влияния на конечный результат деятельности, а также фактор реализации конкурентных преимуществ высшей школы, ее инвестиционно-инновационной привлекательности. К инновационным ресурсам могут относиться интеллектуальные, материальные, финансовые, информационные и иные ресурсы, которые могут быть привлечены для организации инновационного процесса в высшей школе.

Инновационная деятельность высших учебных заведений представляет собой организацию учебно-научно-инновационного процесса, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, организационно-технологической подготовки производства, внедрения (или превращения в инновацию) и оформления, распространения в другие сферы (диффузия), а также стратегическое направление формирования человеческого капитала, являющегося главным фактором развития инновационно-ориентированной экономики.

К субъектам инновационной деятельности высшей школы относятся структурные подразделения университетов, юридические лица (новые организационные формы инновационных процессов, организации различных организационно-правовых форм деятельности и формы собственности, органы государственной власти, органы местного самоуправления) и физические лица, занимающиеся инновационной деятельностью в процессе реализации стратегий инновационного развития высшей школы. К объектам инновационной деятельности высшей школы относятся осваиваемые на основе реализации научных исследований или иных разработок новые способы организации деятельности, новые технологии, новые продукты, интеллектуальная собственность, инновационные проекты и процессы, инновационные программы и проекты, по поводу которых возникают экономические и правовые отношения между субъектами инновационной деятельности высших учебных заведений.

Таким образом, инновационная система высшей школы есть организация субъектов и объектов инновационной деятельности, взаимодействующих в процессе создания инноваций на единых организационных принципах, определяемых стратегией инновационного развития высшей школы (вуза).

---

<sup>3</sup> Беляков С.А. Управление образованием и инновации // Университетское управление: практика и анализ. 2008. №2 (54). С.68-85; Дудырев Ф.Ф. Инновационные вузы: основные векторы развития // Университетское управление: практика и анализ. 2006. №6 (46). С. 7; Жиц Г.И. Инновационный потенциал вуза. Саратов, 2003. С. 21; Кликунов Н.Д. Институциональные изменения как способ адаптации системы высшего образования к современным социально-экономическим условиям. Орел, 2003. С.126-129; Кельчевская Н.Р. Финансово-правовое регулирование инновационного управления государственным вузом. Екатеринбург, 2003. С. 7-8.

<sup>4</sup> Емельянов С.Г. Экономический механизм стратегического управления развитием вуза: монография. М., 2007. С. 186-189; Иринен-Алестало М.Х., Пелтола У. Проблемы рыночно-ориентированного университета /Yrinen M.H., Petola U./ The problems of market-oriented University // Higher Education. 2006. №52. P. 251-281; Кирби Д. А. Создание предпринимательских университетов в Великобритании: применение теории предпринимательства на практике / Kirby D.A. Creating Entrepreneurial Universities in the UK: Applying Entrepreneurial Theory to Practice // Journal of Technology Transfer. 2006. №31. P. 599-603.



Инновационные ресурсы вуза<sup>5</sup> – это: профессорско-преподавательский состав вуза (квалификация, профессиональная подготовка, обучаемость, инновационность), магистранты и аспиранты, участвующие в инновационной деятельности; достигнутый уровень реализации различных инновационных программ; соответствие организационных структур и систем управления задачам развития инновационного процесса; кодифицированное знание, в части нематериальных активов представленное патентами, ноу-хау, прототипами, лицензиями, компьютерными программами и др.; научно-технический задел в виде незавершенных инновационных проектов; основные фонды, участвующие в инновационном процессе; финансовое обеспечение инновационной деятельности.

Однако инновационная полезность высшей школы остается низкой, что является следствием недостаточной эффективности реализации инновационного потенциала в интересах выполнения функций государства по развитию научной и инновационной деятельности и обеспечения конкурентоспособности России на мировом рынке. Место России в мировых инновационных процессах<sup>6</sup> пока не адекватно имеющемуся в стране интеллектуальному и образовательному потенциалу. Дальнейшая консервация сложившейся ситуации чревата потерей перспектив роста национальной конкурентоспособности на мировых рынках наукоемкой продукции, необратимым отставанием при переходе ведущих мировых держав на технологии постиндустриальных укладов.

Главной особенностью подхода к развитию и реализации инновационного потенциала<sup>7</sup> должна стать более четкая целевая ориентация высшей школы на выполнение конкретных функций в рамках государственной системы приоритетов развития научной, технологической и инновационной деятельности.

Обратимся к показателям состояния образования, науки и инноваций в России (табл. 1), которые, по мнению группы ученых<sup>8</sup> Высшей школы экономики, характеризуют утрату конкурентоспособности государства. За последние 10 лет доля преподавателей-исследователей в вузах уменьшилась с 38 до 16%. Доля инновационно-активных предприятий сократилась в 1,5 раза, составив 9,4% от общего числа предприятий. Численность студентов в России за десять лет выросла в 2,5 раза, но реальные расходы на высшее профессиональное образование остались прежними. Только 20% программ высшего профессионального образования базируются на собственных научно-исследовательских разработках вузов. Вместе с тем доля публикаций ученых России в ведущих научных журналах мира в 2007 году составила

---

<sup>5</sup> Емельянов С.Г. Экономический механизм стратегического управления развитием вуза: монография. М., 2007. С.186-189; Кортгов С.В. Инновационный потенциал и инновационная активность вузов УрФО. Университетское управление. 2004. № 1(29). С. 61-68; Майер Г.В., Бабанский М.Д. Инновации и миссия университетов // Университетское управление: практика и анализ, 2006. №6 (46). С. 11-16; Инновационный университет: интеграция академических ценностей и предпринимательской культуры // Международный симпозиум «Инновационный университет и инновационное образование: модели, опыт, перспективы». М., 2003. С. 5-16; Майер Г.В. О критериях исследовательского университета // Университетское управление: практика и анализ. 2003. №3 (26) С. 6-9; Ресурсы инноваций: организационный, финансовый, административный / Под ред. проф. И.П.Николаевой. М., 2005. С. 134.

<sup>6</sup> Основные определения в инновационной сфере приведены в «Основных направлениях политики Российской Федерации в области развития инновационной системы на период до 2010 года» (утверждены Председателем Правительства Российской Федерации М. Фрадковым 5 августа 2005 года № 2473п-П7).

<sup>7</sup> Стратегия инновационного прорыва: 2050.Россия – 2050: стратегия инновационного прорыва / Б.Н. Кузык, Ю.Я. Яковец. М., 2005; Стратегия развития науки и инноваций в Российской Федерации на период до 2015 года / Утверждена Межведомственной комиссией по научно-инновационной политике (протокол от 15 февраля 2006 г., №1). М.; Документы Министерства образования и науки Российской Федерации. С.49-54; Стратегия привлечения инвестиций в высшую школу России. Сб.ст. / Под ред. И.Е.Рисина, И.Н.Зорникова. Воронеж, 2004. С. 67.

<sup>8</sup> Канторович Г.Г., Кузьминов Я.И., Писляков В.В. Университетские инновации: опыт Высшей школы экономики / Под ред.Я.И. Кузьмина. М., 2006; Кузьминов Я.И. Наши университеты // Университетское управление: практика и анализ. 2007. №3 (49). С. 8-17.



2,3% – 13 место; в 1995 году – 7-е место, в 1980 году – 3-е место. Для сравнения, доля публикаций ученых Китая в 2007 году составила 5,86% – 5 место; в 1995 году – 14 место, в 1980 – 22 место. Школьное образование в России по рейтингу Европейского образовательного агентства (PISA) в 2007 году находится на 28 месте по качеству среди 40 стран – между Турцией и Уругваем.

Рассматривая формирование инновационного потенциала высшей школы, обратимся к статистическим показателям развития данного сектора экономики. В них наиболее полно представлены показатели кадровой составляющей и материально-технической базы, менее полно – данные информационной составляющей, очень мало – данные финансовой составляющей и не выделяются (отсутствуют) данные по инновационной составляющей, которую, в свою очередь, приходится косвенно вычленять из других составляющих инновационного потенциала. Динамика формирования инновационных потенциалов различных стран должна оцениваться не только по абсолютным величинам расходов на НИОКР, но и по их отношению к валовому национальному продукту (национальному доходу), что позволит охарактеризовать интенсивность инновационной деятельности в стране.

Таблица 1

**Некоторые показатели состояния образования, науки и инноваций в России**  
(утрата конкурентоспособности – данные на 2007 г.)<sup>9</sup>

<b>Образование</b>	<b>Наука и инновации</b>
За последние 10 лет доля преподавателей-исследователей в вузах сократилась с 38 до 16%.	За последние 10 лет доля инновационно-активных предприятий в России сократилась в 1,5 раза, составив 9,4% (Германия – 73%, Венгрия – 21%).
За последние 10 лет численность студентов в России выросла в 2,5 раза, но реальные расходы на ВПО остались прежними.	Публикации российских ученых в ведущих научных журналах мира: 2,3% – 13 место (1995 – 7-е место, 1980 – 3-е место). Для сравнения, Китай – 5,86%, 5-е место (1995 – 1,6%, 14-е место).
Только 20% программ ВПО базируются на собственных разработках вузов.	Доля на мировом рынке высокотехнологичной продукции – 0,3%. Для сравнения: Гонконг, Сингапур, Корея – от 4,8% до 5,5%.
Школьное образование в России: 28-е место по качеству среди 40 стран – между Турцией и Уругваем (PISA).	

Вопросы оценки инновационного потенциала высшей школы важны не только в теоретическом плане, но и для прогнозирования его развития<sup>10</sup>. Этот потенциал позволяет рассчитать эффективность инновационной деятельности высшей школы, которая не отражает прямой причинно-следственной связи между результатами этой деятельности и их реализацией в экономической и социальной сферах. Как известно, конечная эффективность нововведений не может служить глобальным показателем оценки инновационного потенциала. Однако до настоящего времени не удалось создать

<sup>9</sup> Материалы итоговой конференции представителей учреждений высшего и среднего профессионального образования – участников реализации инновационных образовательных программ в рамках приоритетного национального проекта «Образование» – «Профессиональное образование в условиях инновационного развития экономики», 11 декабря 2008 г. М., 2008.

<sup>10</sup> Кокурин Д.И., Шепелев В.М. Инновации в России: Институциональный анализ (проблемы собственности, рынка и налогового стимулирования). М., 2004. С. 48-51; Формирование общества, основанного на знаниях. Новые задачи высшей школы: Доклад Всемирного банка / Пер. с англ. М., 2003; Кирби Д.А. Создание предпринимательских университетов в Великобритании: применение теории предпринимательства на практике / Kirby D.A. Creating Entrepreneurial Universities in the UK: Applying Entrepreneurial Theory to Practice // Journal of Technology Transfer. 2006. №31. Р. 599-603; Соломенцев Ю.М., Позднеев Б.М., Солдатов А.В., Зуев М.В. Совершенствование управления вузом на основе выполнения требований стандартов ISO 9000:2000 и внедрения корпоративной информационно-управляющей системы // Доклад на семинаре-совещании «Совершенствование управления и единая информационная среда вуза», 30 ноября – 1 декабря 2008 г., Российский Университет Дружбы Народов. М., 2008. С.89-92.

общую методологическую базу количественной и качественной оценки инновационного потенциала страны, отрасли, региона, организации. Следует отметить, что разделы «Наука и инновации» содержат статистическую информацию о состоянии и развитии научного и инновационного потенциала России. Статистические данные охватывают организации, выполняющие научные исследования и разработки, независимо от их вида деятельности. Указанные организации классифицируются по следующим секторам деятельности: государственный, предпринимательский, высшего образования, частный неприбыльный.

В состав государственного сектора входят организации министерств и ведомств, обеспечивающие управление государством и удовлетворение потребностей общества в целом; неприбыльные организации, полностью или в основном финансируемые и контролируемые правительством. Предпринимательский сектор включает все организации, чья основная деятельность связана с производством продукции или услуг в целях продажи, в том числе находящиеся в собственности государства; частные неприбыльные организации, обслуживающие вышеперечисленные организации. В сектор высшего образования входят университеты и другие высшие учебные заведения, независимо от источников финансирования и правового статуса, а также находящиеся под их контролем либо ассоциированные с ними научно-исследовательские институты, экспериментальные станции, клиники. Частный неприбыльный сектор состоит из частных организаций, не ставящих своей целью получение прибыли (профессиональные общества, общественные организации и т.д.), и частных индивидуальных организаций.

По данным статистических показателей за период 2000-2006 гг. (табл. 2), число высших учебных, ведущих подготовку аспирантов в 2000 г., составило 58% от общего числа высших учебных заведений, а в 2006 г. – 62%.

Таблица 2

**Основные показатели деятельности аспирантуры  
в высших учебных заведениях<sup>11</sup>**

Годы	Число организаций, ведущих подготовку аспирантов	Численность аспирантов (на конец года), чел.	Прием в аспирантуру, чел.	Выпуск из аспирантуры, чел.	в т.ч. с защитой диссертации
2000	565	100212	37025	21015	6630
2001	587	110636	39149	21837	5487
2002	598	117919	40909	23896	6560
2003	614	121782	41468	26463	7537
2004	621	123008	41067	27939	9254
2005	640	122913	40319	28755	9641
2006	673	126569	44132	30665	11041

В количественном выражении число высших учебных заведений, ведущих подготовку аспирантов, в 2006 г. по сравнению с 2000 г. увеличилось на 108 единиц. С увеличением числа организаций, увеличиваются показатели приема в аспирантуру и выпуска из аспирантуры на 7107 чел. и 9650 чел. соответственно, а также показатель защиты диссертаций. Так, если в 2000 г. доля защитившихся от общего числа выпуска составила 31,5%, то в 2006 г. этот показатель увеличился на 4,5% и составил 36%.

<sup>11</sup> Российский статистический ежегодник, 2008: Статистический сборник / Росстат. М., 2008. С. 607-619.

Численность аспирантов возросла за шестилетний период в 1,26 раза, причем темпы роста выпуска специалистов из аспирантуры с защитой диссертации выше, чем темпы роста численности аспирантов, что свидетельствует о положительной динамике.

Однако, если доля, высших учебных заведений, ведущих подготовку аспирантов, составляет более половины от общего числа вузов, то число высших учебных заведений, ведущих подготовку докторантов (табл.3), в 2000 г. составила 32% от общего числа высших учебных заведений, а в 2006 г. – 34%. Но, несмотря на незначительное увеличение таких организаций, показатель приема в докторантуру за анализируемый период сократился на 88 чел., а показатель выпуска из докторантуры увеличился на 144 чел. При этом показатель защиты диссертаций сокращается. Так, если в 2000 г. он составил 39% от общего числа выпуска, то в 2006 г. – 33%. За последние десять лет возросло количество вузов, где происходит обучение аспирантов и докторантов при одновременном сокращении числа НИИ, имеющих аспирантуру.

Таблица 3

**Основные показатели деятельности докторантуры  
в высших учебных заведениях<sup>12</sup>**

Годы	Число организаций, ведущих подготовку докторантов	Численность докторантов (на конец года), чел.	Прием в докторантуру, чел.	Выпуск из докторантуры, чел.	в т.ч. с защитой диссертации
2000	314	3708	1445	1100	426
2001	329	3977	1447	1119	359
2002	342	4029	1385	1127	376
2003	348	4052	1427	1231	367
2004	354	3985	1411	1296	453
2005	362	3837	1310	1269	468
2006	370	3763	1357	1244	415

Общая численность занятых, численность лиц по квалификационным группам и их распределение по категориям представляют собой весьма приближенную оценку кадровой составляющей и не позволяют однозначно оценивать разные по своему характеру кадровые подсистемы инновационного потенциала. Так, с 1992 по 2006 г. численность персонала, занятого НИОКР в России, сократилась в 1,8 раза; сохраняется тенденция сокращения всех категорий персонала, занятого исследованиями и разработками (табл.4).

Таблица 4

**Численность персонала, занятого исследованиями и разработками  
(на конец года; тыс. человек)<sup>13</sup>**

	1992	1995	2000	2001	2002	2004	2006
Численность персонала – всего	1532,6	1061,0	887,7	885,6	870,9	858,5	839,3
в том числе:							
исследователи	804,0	518,7	425,9	422,2	414,7	409,8	401,4
техники	180,7	101,4	75,2	75,4	74,6	71,7	70,0
вспомогательный персонал	382,2	274,9	240,5	238,9	232,6	229,2	223,4
прочий персонал	165,7	166,1	146,1	149,0	149,0	147,8	144,5

В целом по России количество техников по отношению к исследователям резко снизилось (1 : 4,4 в 1992 г.; 1 : 5,8 в 2006 г.), тогда как количество вспомогательного и обслуживающего персонала по отношению к исследователям возросло (с 1 : 1,4 до

<sup>12</sup> Российский статистический ежегодник, 2008: Статистический сборник / Росстат. М., 2008. С. 607-619.

<sup>13</sup> Российский статистический ежегодник, 2008: Статистический сборник / Росстат. М., 2008. С. 607-619.

1 : 1,8 за тот же период). Выявленные изменения связаны, по нашему мнению, не столько с процессами внедрения более совершенной техники, интенсифицирующей процесс НИОКР и вызывающей высвобождение исследователей и техников от неквалифицированного труда, сколько с более высокими темпами ухода из отрасли науки и научного обслуживания наиболее квалифицированных работников по сравнению с темпами оттока работников неквалифицированного труда. Вместе с тем, средний возраст исследователей в секторе высшего образования (табл. 5) за период 1998 – 2006 гг. приближается к пенсионному: доктора наук – 58,7 лет; кандидаты наук – 50,1 год соответственно.

Таблица 5

**Средний возраст исследователей в секторе высшего образования за период 1998 – 2006 гг.<sup>14</sup>**

	1998	2000	2002	2004	2006
<b>Всего</b>	46,3	46,2	46,5	46,2	46,8
Доктора наук (ср. кол-во лет)	57,1	57,9	58,5	58,2	58,7
Кандидаты наук (ср. кол-во лет)	46,4	49,3	50	49,9	50,1

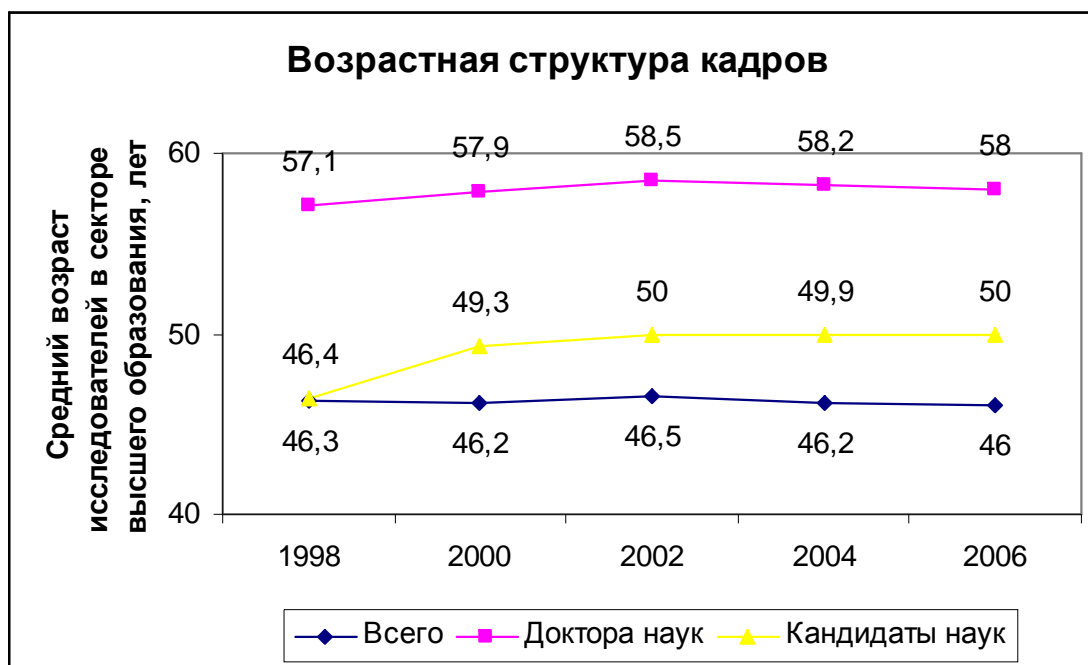


Рис. 1. Возрастная структура кадров ППС в секторе высшего образования

Количество организаций, выполнявших исследования и разработки (табл. 6) в России, за период 1992 – 2006 гг. снизилось в 1,25 раза, в том числе среди высших учебных заведений – в 1,11 раза, или на 9,9%. Самый резкий спад произошел в конструкторских бюро, а также в проектно- и проектно-исследовательских организациях, соответственно, в 4,5 раза и 7,9 раза, поставив эти организации на грань исчезновения.

Таблица 6

<sup>14</sup> Материалы итоговой конференции представителей учреждений высшего и среднего профессионального образования – участников реализации инновационных образовательных программ в рамках приоритетного национального проекта «Образование» – «Профессиональное образование в условиях инновационного развития экономики», 11 декабря 2008 г. М., 2008.

**Количество организаций, выполнявших исследования и разработки  
за период 1992 – 2006 гг.<sup>15</sup>**

	1992	1995	2000	2001	2002	2004	2006
Число организаций – всего, в т. ч.:	4555	4059	4099	4037	3906	3797	3656
научно-исследователь- ские организации	2077	2284	2686	2676	2630	2564	2464
конструкторские бюро	865	548	318	289	257	228	194
проектные и проектно-изыскательские организации	495	207	85	81	76	68	63
опытные заводы	29	23	33	31	34	28	31
высшие учебные заведения	446	395	390	388	390	393	402
промышленные организации	340	325	284	288	255	248	244
прочие организации	303	277	303	284	264	268	258

По экспертным оценкам<sup>16</sup>, среднестатистический российский ученый обеспечен оборудованием, необходимым для проведения исследований, в 80, а информацией — в 100 раз хуже американского. Ежегодное недофинансирование науки и образования привело к невосполнимым потерям научного потенциала страны. Восстановление и последующее развитие научного потенциала потребует значительных средств. В работе Д.С. Львова<sup>17</sup> предлагается определить в качестве норматива до 2010 г. уровень внутренних затрат на науку не менее 1,6-2,0 % ВВП, а в случае ускоренного развития наукоемких производств, определяющих спрос на результаты НИОКР — 2,2-3,0 % ВВП.

Одним из финансовых показателей инновационного потенциала является структура внутренних затрат на исследования и разработки по источникам финансирования (табл. 7). За последние десять лет структурная составляющая источников финансирования существенно не изменилась в части средств высших учебных заведений и частных бесприбыльных организаций. Однако доля затрат средств бюджета имеет тенденцию к уменьшению на 9,6%, а доля затрат организаций предпринимательского сектора увеличивается на 24,6%. Также наблюдается рост затрат на исследования и разработки по источникам финансирования. Почти наполовину уменьшились собственные средства научных организаций (42,4%), что объясняется снижением финансирования, закрытием, либо переходом к другим структурам таких организаций.

Таблица 7

**Структура внутренних затрат на исследования и разработки  
по источникам финансирования в России<sup>18</sup>**

Источник финансирования	Внутренние затраты, % к итогу				
	1995	2000	2002	2004	2006
1	2	3	4	5	6
Средства бюджета	60,6	53,7	57,4	57,8	54,8
Средства внебюджетных фондов	6,8	6,5	4,1	4,1	4,2
Средства организаций предпринимательского сектора	17,5	18,7	20,7	20,8	23,5
Средства высших учебных заведений	0,1	0,07	0,1	0,1	0,3

<sup>15</sup> Российский статистический ежегодник, 2008: Статистический сборник / Росстат. М., 2008. С. 607-619.

<sup>16</sup> Тодосийчук А.В. Управление инновационно-активным предприятием. М., 2003. С. 22.

<sup>17</sup> Львов Д.С. Экономика развития. М., 2002. С. 41.

<sup>18</sup> Россия в цифрах 2007: Статистический сборник / Росстат. М., 2008. С. 293.

Окончание табл. 7

1	2	3	4	5	6
Средства частных бесприбыльных организаций	0,02	0,03	0,1	0,3	0,5
Средства иностранных источников	4,9	12,0	8,0	7,2	10,4
Собственные средства научных организаций	10,9	9,0	9,6	9,7	6,3
<b>Итого</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

На современном уровне развития науки и техники инновационная и научно-техническая деятельность предполагает достаточное материально-техническое обеспечение: сложные и дорогостоящие приборы и установки, вычислительные машины, капитальные исследовательские сооружения, водный и воздушный флоты, космические аппараты. Во многих случаях уровень материально-технического обеспечения определяет затраты и сроки выполнения исследований и разработок, опытной проверки полученных научно-технических результатов. Фондовооруженность ученого специалиста в российской науке в 2008 г. ниже, чем в промышленности, в 2-3 раза. Обеспеченность исследовательскими приборами составляет 12-25 % потребности<sup>19</sup>. Обобщенной характеристикой материально-технической составляющей инновационного потенциала является размер основных фондов (в стоимостном выражении), приведенный в таблице 8.

Основные фонды образования за последние несколько лет увеличивались динамичными темпами. В 2008 г. по сравнению с 2004 г. объем основных фондов увеличился в 1,3 раза и достиг 1454 млрд. руб., что составляет 3,8% от стоимости всех основных фондов России. Для повышения инновационного потенциала секторы науки и высшей школы должны ускоренными темпами обновлять научно-исследовательское и лабораторное оборудование.

Таблица 8

**Основные фонды по видам экономической деятельности (образование)  
на начало года по полной учетной стоимости<sup>20</sup>**

	2004	2006	2008	
	млрд. руб.	млрд. руб.	млрд. руб.	в процентах к итогу
Все основные фонды	32541	35701	38256	100
в том числе:				
образование	1164	1215	1454	3,8

Развитие материально-технической базы инновационного потенциала связано не столько с количественным насыщением научных учреждений оборудованием и приборами, сколько с обеспечением их высококачественными образцами, специализированными и уникальными. В то же время коэффициент использования существующего научно-лабораторного и приборного парка весьма низок – 0,1-0,3%, тогда как обеспечение исследовательскими приборами находится на уровне 10-25%<sup>21</sup>. Недостаточно полно используются коллективные формы эксплуатации научного оборудования, что особенно целесообразно для уникальных, а потому и дорогостоящих приборов и оборудования.

Показателем состояния инновационного потенциала являются внутренние затраты на исследования и разработки по секторам деятельности (табл. 9). Общие

<sup>19</sup> Высшая школа в 2007 г.: ежегодный доклад о развитии высшего профессионального образования. М., 2008. С. 221-224.

<sup>20</sup> Россия в цифрах 2008. М., 2008.

<sup>21</sup> Агранович Б.Л., Жарова Л.Н. Полетаев А.В. Российское образование в контексте международных показателей: Сопоставительный доклад. М., 2003.





затраты в 2006 г. по сравнению с 2000 г. выросли в 2,55 раза, в том числе в секторе высшего образования – с 3489,3 млрд. руб. до 10696,1 млрд. руб., что в 3,7 раза больше. Это самый высокий рост внутренних затрат на исследования и разработки в секторе высшего образования по сравнению с другими секторами: государственный – 2,64 раза, предпринимательский – 2,49 раза, частный бесприбыльный – 2,29 раза.

С точки зрения субъектов научно-исследовательской деятельности – высших учебных заведений и научных организаций Российской академии наук, высокий рост внутренних затрат на исследования и разработки в секторе высшего образования по сравнению с другими секторами обусловлен тем, что на долю вузов приходится 32,1% созданных передовых производственных технологий или принципиально новых. Удельный вес научных организаций РАН в этом составляет всего 8,9% от общего числа созданных технологий. Однако в структуре внутренних финансовых затрат на научные исследования и разработки затраты вузов составляют всего 5,4%, в то время как затраты научных организаций РАН, соответственно, – 11,1%.

Таблица 9

**Внутренние затраты на исследования и разработки  
по секторам деятельности (на конец года; тыс. человек)<sup>22</sup>**

	2000	2001	2002	2004	2006
Всего, млрд. руб.	76,7	105,3	135,0	169,9	196,0
в том числе по секторам деятельности (млн. руб.):					
государственный	18748,6	25580,3	33020,0	42944,9	49545,3
предпринимательский	54288,8	73976,2	94336,3	116247,9	135408,7
высшего образования	3489,3	5487,7	7322,9	10297,7	10696,1
частный бесприбыльный	170,4	216,5	325,3	371,9	389,8

Почти третья часть принципиально новых передовых производственных технологий создается в вузовском секторе, что свидетельствует о положительных сдвигах в реализации механизмов частно-государственного партнерства, а также механизмов стимулирования инновационной деятельности, которая обеспечивает наиболее значимый, с экономической точки зрения, этап инновационного цикла – трансформацию результатов научно-технической деятельности в конкурентоспособную наукоемкую продукцию, имеющую высокий потенциал рыночной реализации. Однако отсутствуют механизмы обеспечения функционирования четырех конкурентных рынков: интеллектуальных активов, инновационного капитала, инновационной продукции и услуг по поддержке инновационной деятельности.

Вместе с тем вузовский сектор научных исследований слабо ориентирован на коммерциализацию своей продукции, его востребованность определяется не только уровнем научных разработок и технологий, но и состоянием промышленности, которая не всегда имеет возможность их воспринять. Причем соотношение затрат между тремя этапами (исследование, разработка, выпуск опытного образца или модели, коммерциализация) должно быть 1 : 10 : 100 : 1000<sup>23</sup>.

Российские вузы практически не включены в глобальные сети и мировые рынки товаров, услуг, инноваций и научно-исследовательских разработок. Всего три российских университета участвуют в рейтинге ведущих мировых университетов по показателю научных разработок, востребованных на глобальных рынках – Рейтинг SJTU (500 университетов) и Рейтинг THES (200 университетов).

Низкая эффективность инновационного потенциала высшей школы России обусловлена неразвитостью (нерациональностью) существующих институтов (правил, законов), регулирующих экономические отношения в инновационной сфере, а также

<sup>22</sup> Российский статистический ежегодник, 2008: Статистический сборник / Росстат. М., 2008. С. 607-619.

<sup>23</sup> Коммерциализация интеллектуальной собственности: Проблема и решение / Отв. ред. Н.М. Фонштейн. М., 1996. С. 92; Олехнович Г.И. Интеллектуальная собственность и проблемы ее коммерциализации. Минск, 2003. С. 43.



несовершенством нормативно-правовой базы, регламентирующей правоотношения в сфере оборота прав на результаты научно-технической деятельности, что не позволяет юридически корректно производить идентификацию правообладателей результатов научно-технической деятельности, закрепление за ними прав осуществлять введение результатов научно-технической деятельности в гражданский оборот.

Необходимо создание действующей инновационной инфраструктуры высшей школы, обеспечивающей трансфер результатов образовательного сектора исследований и разработок в российскую и глобальную экономику, а также развитие малых высокотехнологичных компаний в инновационной сфере. Нормативными документами высшим учебным заведениям сферы образования разрешено создавать в своей структуре предприятия и компании, занимающиеся инновационными разработками, продвижением опытных образцов товаров на рынок и коммерциализацией новшеств.

Главными задачами реализации таких направлений являются:

1) образование финансовых институтов, обеспечивающих непрерывность финансирования бизнес-проектов на всех стадиях инновационного цикла;

2) развитие производственно-технологической инфраструктуры инновационной деятельности (технопарки, инновационно-технологические центры, бизнес-инкубаторы, центры трансфера технологий и т.п.);

3) содействие развитию кооперационных связей между субъектами инновационной системы;

4) развитие информационной, экспертно-консалтинговой и образовательной инфраструктуры инновационной деятельности.

Вместе с тем воспроизводство инновационного потенциала высшей школы зависит от способности аккумулировать в рамках инновационного процесса важнейшие ресурсы и от соответствия задач инновационной сферы интересам субъектов хозяйствования.

Именно в общественном производстве и научно-образовательной сфере закладываются параметры инновационного потенциала, потребительно-стоимостная величина его ресурсов и конечной продукции. Финансово-экономические параметры национальной экономики предопределяют качественно-количественные характеристики инновационного потенциала, являющиеся динамическими индикаторами. Рынок детерминирует формирование инновационного потенциала высшей школы, характеризуя перспективные возможности использования конкретных видов ресурсов в соответствии с экономическим развитием

## INNOVATION POTENTIAL OF UNIVERSITIES AS A FACTOR OF ECONOMY PROGRESS

In examining innovation activity as the most important progress tendency of university in Russia in the foreground there are formation and development problems of innovation potential of universities of higher education, integration of new organizational forms of innovation processes in education and their including in the system of state, scientific, market and public institutions. Nowadays innovation potential of university represents the mechanism of influence not only upon the development of education and science inside the country or region but the economy and social sphere as well.

M.V. VLADYKA

*Belgorod State University*

*e-mail: Vladyka@bsu.edu.ru*

Key words: innovation potential, system of higher education, integration, new organizational forms, mechanism of influence

## УПРАВЛЕНИЕ ЦИКЛОМ СОЗДАНИЯ НОВОГО ПРОДУКТА КАК БИЗНЕС-ПРОЦЕССОМ

Рассматривается проблема осуществления управления развитием инновационной деятельности промышленных предприятий. Показывается необходимость расширения самостоятельности их научно-технических структур по всем этапам жизненного цикла инновационного процесса, начиная с проектирования и кончая коммерциализацией нового продукта. В становлении инновационной деятельности в таком формате роль важного фактора отводится функционально-процессному управлению, позволяющему соединить частные процессы в единый сложный процесс или систему процессов, доводя, таким образом, их до уровня бизнес-процессов. Даются рекомендации по организационному, соответствующему рыночным условиям, построению управления инновационной деятельностью промышленных предприятий.

**Н.В. ГРАЧЕВА**

*Брянский  
государственный  
университет*

*e-mail: Nataliod@rambler.ru*

Ключевые слова: инновационное развитие, конструкторско-технологическая подготовка производства, функция, научно-техническая структура, функционально-процессный подход, рыночно-ориентированное управление.

Инновационную деятельность осуществляют многие субъекты рыночной экономики, однако большая их часть – в сфере промышленного производства. Поэтому перспектива современной экономики тесно связана с развитием инновационной деятельности промышленных предприятий, с совершенствованием управления данной деятельностью.

Управление инновационной деятельностью промышленных предприятий сложилось так, что, в основном, решает задачу по обеспечению создания и внедрения в производство средств и предметов труда, технологий, новых видов продукции. Это определяет общую направленность управления инновационной деятельностью, однако, функционируя в новых рыночных условиях, оно не удовлетворяет современным требованиям. Управление не решает на нужном уровне важной для непосредственных исполнителей инновационной деятельности – конструкторов и технологов предприятий – задачу их участия во всем инновационном цикле, соединяющим дорыночную и рыночную его стадии.

В условиях предприятий выполняются в основном стадии опытно-конструкторской и технологической подготовки производства. Далее начинается производство, в котором конструкторам и технологам отводится роль, контролирующая в производстве соблюдение технологической дисциплины. Совсем без их участия идет процесс коммерциализации созданной ими инновационной продукции. Этим конструкторы и технологи, по сути, полностью исключены из рыночной стадии обеспечения жизненного цикла инновации с соответствующими отсюда последствиями: остается низкой творческая и материальная мотивация их труда, они лишены возможности быть полноправными субъектами рынка. Однако исследования, проведенные на предприятиях, показывают, что такое положение конструкторов и технологов не устраивает<sup>1</sup>. Почти 70% руководителей соответствующих подразделений, около 40% руководителей и специалистов производственных подразделений сходятся на том, что конструкторно-технологическая деятельность должна стать в значительно

---

<sup>1</sup> Одиноченков В.В. Совершенствование экономических методов управления научно-техническим процессом. Отчет по НИР. Часть 1. Брянск, 2005.



большей мере рыночно ориентированной, распространяться на весь жизненный цикл нового продукта. Такому процессу инновационной деятельности должно соответствовать и управление.

Теория указывает на несколько базовых подходов к решению данной проблемы. Наиболее применяемыми являются следующие: системный, организационный, функциональный<sup>2</sup>. Наиболее распространенным является функциональный подход, основанный на том, что только в комплексе функций раскрывается содержание управления, без знания которого всякая его архитектура будет или незаконченной или вообще неправильно выстроенной.

В то же время решить проблему управления в рамках чисто функционального подхода не всегда удается. Это связано со следующими негативными явлениями:

- функциональное разделение труда по мере усложнения производства и увеличения объема работ по функции детализируется на все большее количество операций, и за ними становятся не видны конечные результаты и эффективность взаимодействия между отдельными исполнителями и этапами работ;

- распределение работы по отдельным, реализуемым различными структурами управления, фрагментам не формирует ориентации на конечного потребителя и ответственности за конечный результат;

- не выполняется принцип системности;

- несвоевременно вырабатываются реакции на изменения окружающей среды.

К тому же каждая функция выполняет только свою задачу, а, следовательно, может осуществляться и вне связи с другими функциями. Например, может быть выполнена функция планирования производства, но без учета ресурса других функций, например, без учета того, как будет вести себя функция организации. Во всех таких случаях управление решает частичную задачу. Отсюда возникают варианты распределения работы по отдельно реализуемым различными структурами управления фрагментам. На большинстве предприятий опытно-конструкторские и технологические работы выполняются самостоятельно функционирующими в них конструкторскими и технологическими подразделениями. Каждое из них решает свои задачи, зачастую не увязанные единой целью. В таком случае управленческие функции распространяются, по сути, на каждый отдельный процесс, будь то процесс конструкторской подготовки производства или процесс технологической подготовки производства, или комплексный процесс, которым является в целом техническая подготовка производства, включающая эти два отдельных процесса. Каждый из данных процессов надо планировать, организовывать, координировать, контролировать, мотивировать. Но даже установление по тому или иному процессу состава управленческих функций само по себе не определяет последовательности, состояния, внутренних сил развития процесса, выражающегося в единстве всего многообразия его форм проявления и воздействия на определенный результат. Так, функция не определяет, каким должен быть сам процесс, характер предусматриваемых в нем действий, работ, регламентацию, этапность и т.п. К примеру, процесс технической подготовки создания нового продукта можно представить в соответствии с целевыми установками в виде перечня последовательно выполняемых работ (табл. 1).

Как видим, процесс существует со своей целью и структурой. В данном конкретном случае целью является осуществление технической подготовки производства создания нового продукта со специфическими целями выполнения каждого этапа. Структуру процесса составляют этапы и работы, расположенные в последовательности их выполнения. Неотъемлемым атрибутом процесса как объекта, обладающего целевыми установками и средствами их достижения, является управление, содержание которого и составляют функции.

---

<sup>2</sup> Завлин П.Н. и др. Инновационная деятельность в условиях рынка. СПб., 1994. С. 47.



Таблица 1

**Укрупненный процесс технической подготовки создания нового продукта**

<b>№ этапа</b>	<b>Наименование этапа</b>	<b>Наименование работ и последовательность их выполнения</b>
1	Конструкторская подготовка производства (цель)	1.1. Разработка технического задания 1.2. Согласование и утверждение технического задания 1.3. Разработка технического предложения 1.4. Рассмотрение и утверждение технического предложения 1.5. Разработка эскизного проекта 1.6. Изготовление и испытание макета 1.7. Рассмотрение и утверждение эскизного проекта 1.8. Разработка технического проекта 1.9. Изготовление и испытание макета 1.10. Рассмотрение и утверждение технического проекта 1.11. Разработка технической документации 1.12. Изготовление и испытание опытного образца 1.13. Изготовление и испытание установочной серии, корректировка конструкторских документов 1.14. Составление общей спецификации 1.15. Разработка рабочих чертежей (общий, расчетный, стандартизационный, технологический) 1.16. Технологический и нормализационный анализ конструкции
2	Технологическая подготовка производства (цель)	2.1. Выбор оптимально варианта технологического процесса 2.2. Распеховка конструкции 2.3. Разработка технологических процессов 2.4. Нормирование расхода материалов 2.5. Нормирование затрат труда 2.6. Проектирование технологической оснастки 2.7. Изготовление оснастки и инструмента 2.8. Выверка, отладка и внедрение технологических процессов

Однако управление, ориентированное на рынок, реализует себя полностью только тогда, когда объектом его становится процесс, или, иначе говоря, когда функциональное управление вступает во взаимодействие с процессным управлением. Эти два вида управления в единстве, а в целом, выступая как инновационное управление, обеспечивают его качество<sup>3</sup>.

Большим преимуществом функционально-процессного подхода является то, что он позволяет увязать в единую систему получения конечного результата различные, но взаимосвязанные одной целью процессы, например, те же процессы конструкторской и технологической подготовки нового продукта к производству. Это соединение частных процессов можно назвать сложным процессом или системой процессов. Но независимо от названия, суть их сводится к одному: они расширяют поле управленческой деятельности до следующего:

- определения цели построения сложного процесса или системы процессов;
- набора процессов, составляющих сложный процесс или систему процессов;
- определение входов и выходов каждого из процессов, включенных в сложный процесс или систему процессов (ресурса отдельных процессов и системы процессов, их промежуточных результатов, конечного результата);
- поэтапного построения процессов, входящих в сложный процесс или систему процессов (в соответствии с приоритетностью, последовательностью работ).

<sup>3</sup> Колбин А.Г. Совершенствование системы управления технологическими инновациями на промышленном предприятии. Орел, 2002. С. 103.



Через призму функционально-процессного подхода, способного объединить отдельные процессы инновационной деятельности в сложный процесс или систему процессов, создается возможность полного замыкания стадий инновационного цикла по одной из следующих его структурных схем: «проектирование – научно-технический продукт (инновация) – производство – рынок» или «проектирование – научно-технический продукт (инновация) – рынок». Инновационный процесс в таком качестве выступает по всем критериям в качестве бизнес-процесса<sup>4</sup>.

Практика показывает, что конструкторские и технологические подразделения далеки от таких схем работы. Конструкторская и технологическая деятельность в системе промышленного предприятия воспринимается в качестве процессов, создающих новый продукт лишь для внутреннего пользования предприятием. Но такие инновационные процессы для непосредственных их исполнителей считать бизнес-процессом можно лишь с большой оговоркой, ибо они не заканчиваются для исполнителей рыночной фазой.

Бизнес-процесс, по имеющимся определениям<sup>5</sup>, рассматривается в качестве структурированного конечного множества действий по проектированию специфической услуги или продукта для конкретного потребителя или рынка.

Согласно этому определению, во-первых, бизнес-процессом является ряд взаимосвязанных видов деятельности по проектированию, которые доводят созданный продукт до рынка; во-вторых, бизнес-процесс предполагает необходимость приведения конечного множества действий к определенной структурированной их форме. В целом это открывает возможность соединения различных частных процессов в один комплексно структурированный процесс. Такая потребность появляется тогда, когда объективным условием деятельности становится объединение усилий и тесная совместная работа конструкторов и технологов промышленных предприятий, что как раз и требуется в инновационном бизнесе, оперирующем лишь готовым для коммерциализации продуктом. Соединение конструкторского и технологического труда в одном процессе в большинстве случаев и является определяющим в создании такого продукта, т.е. продукта, предназначенного непосредственно для рынка. Для конструкторов и технологов это означает и возможность независимой от предприятия реализации данного продукта. Таким продуктом может быть конструкторский проект, технология, продукт производства, созданный и произведенный совместными усилиями разработчика и производителя, ноу-хау и др.

Чтобы для конструкторов и технологов промышленных предприятий успешно решить проблему ориентации на рынок, необходима ориентация на создание товарного вида конкурентоспособного на рынке инновационного продукта и единство взаимодействия в инновационном бизнес-процессе различных служб и специалистов предприятия. В целом, то и другое должно быть направлено на формирование жизненного цикла инновации, который бы включал все его стадии, в том числе и стадию коммерциализации. Это является значительным дополнением к тому, что уже делают конструкторы и технологи, осуществляя технологическую подготовку производства предприятия.

Столь существенные изменения в содержании инновационной деятельности, связанные с необходимостью усиления ее рыночной ориентации, требуют соответствующих структурированных, способных обеспечить нужный уровень управления, форм его организации.

В настоящее время наиболее распространенной организационной структурой управления в практике промышленных предприятий является линейно-функциональная. По данной структуре каждое подразделение в рамках отведенной ему функции решает свою задачу: одно осуществляет конструкторскую подготовку

<sup>4</sup> Орбачевский Л. Проблемы развития инноваций в России // Компас промышленной реструктуризации. 2004. №5. С. 2-6.

<sup>5</sup> Госстандарт РФ. ГОСТ Р ИСО 9001-96. Системы качества. Модель обеспечения качества при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании. М., 1997.

производства, другое занимается технологической подготовкой производства, третье решает задачу по заданному ей направлению инновационной деятельности. Такая организация управления в определенной мере позволяет принимать решения, касающиеся работы конструкторских и технологических подразделений во взаимосвязи с производствами, цехами. Согласованность их деятельности обеспечивается планами технического развития предприятий или органиграммами. Однако практика показывает, что использование планов и органиграмм не решает следующего:

- не определяет инновационную стратегию как одну из составляющих стратегии развития предприятия;
- не обеспечивает комплексного подхода к развитию инновационной деятельности, который позволял бы увязать воедино мероприятия по выполнению соответствующими подразделениями производственной и рыночной функций;
- не способствует участвующим в инновационных процессах подразделениям и исполнителям в их взаимодействии;
- затрудняет процесс концентрации ресурсов для осуществления крупных инновационных программ;
- не задействует в полной мере стимулирующий развитие инновационной деятельности ресурс мотивации.

Как показывает практика, во многом качественный уровень управления повышается на предприятиях, создающих единые научно-технические структуры в виде конструкторско-технологических отделов, опытно-конструкторских бюро в составе предприятий с расширенными полномочиями или опытно-конструкторских бюро при предприятиях при предоставлении им широкой самостоятельности. С переходом к таким структурам в сфере инновационной деятельности повышается мобильность управления, создается возможность развития их структур именно как бизнес-структур.

Работа их как бизнес-структур обусловлена тем, что они ее могут строить, первое, по продуктовому (технологическому), второе, по проектному принципам. Это означает осуществление инновационного процесса по полному жизненному циклу с получением результата в виде нового продукта или проекта, готовых быть реализованных как товары на рынке. В качестве примера такого цикла инновационного процесса можно привести следующий:

$$\mathbf{И} \longrightarrow \mathbf{Р} \longrightarrow \mathbf{О} \longrightarrow \mathbf{П} \longrightarrow \mathbf{С},$$

где **И** – результат исследований (создание чего-то нового или появления новой идеи); **Р** – разработка; **О** – опытное производство; **П** – производство; **С** – сбыт.

Подобное построение деятельности потребовало не только структурной перестройки управления научно-техническими службами предприятий, но и заставило пересмотреть условия его обеспечения: кадрового, информационного, экономического.

Практика функционирования ведущих предприятий развитых стран мира показывает, что их успехи связаны с созданием целостной системы управления инновациями. Это предполагает организационную структуру, в которой деятельность инновационных подразделений предприятий интегрируется. Вместе с интеграцией развитие организационных форм идет по пути создания научно-технических суперотделений. Их создание протекает двояким образом: в одних случаях объединяются два или несколько подразделений, в другом – групповой аппарат в высшем звене управления становится органом, непосредственно управляющим этими подразделениями.

Образование суперотделений связано с тем, что разработка и освоение новых видов изделий, эффективное обслуживание определенных потребителей продукции требует использования научно-технического потенциала нескольких подразделений. На наш взгляд, создание подобных структур для отечественных предприятий способ-



ствовало бы успешному решению многих задач по их инновационному развитию. В этих целях можно предложить организационную структуру рыночно-ориентированного управления научно-технической и инновационной деятельностью в системе промышленного предприятия, предусматривающую в своем составе центр научно-технического и инновационного развития, главными функциями которого было бы обеспечение взаимодействия всех участников научно-технической деятельности и выполнение, наравне с производственной, рыночной функции. В определенной мере этим решается и задача развития партнерских отношений с внешними структурами, например, с такими, как технологические парки и инкубаторы, технологические центры и технополисы, фонды содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере и др. Как показывает практика, большие возможности научно-технических подразделений открываются при вхождении предприятий в финансово-промышленные группы.

Но чтобы управление приобрело действительно истинные формы качественных преобразований, необходимо решить самую важную, на наш взгляд и взгляд многих специалистов, проблему<sup>6</sup>. Подразделениям промышленных предприятий, занимающимся научно-техническими и технологическими разработками, надо прежде заявить о себе как о серьезном рыночном партнере. Это возможно сделать, если для научно-технологических подразделений, входящих в состав промышленных предприятий в качестве структурных единиц, будет определен рыночный статус. Рекомендации специалистов таковы, что эти структуры должны быть наделены такими же правами, которыми обладают малые и средние самостоятельно функционирующие в рынке научно-технические организации. Тогда конструкторско-технологические структуры промышленных предприятий за счет развития рыночной составляющей деятельности обеспечат себе решение ряда очень важных задач:

- удовлетворение в большей мере личных и общественных потребностей специалистов, занятых новыми разработками;
- повышение возможности роста производительности труда и сокращения затрат на производство продукции вследствие расширения видов конкурентоспособных инновационных разработок и внедрения их фрагментов в производство;
- достижение более высокого уровня организации труда всех категорий работающих как условие создания конкурентоспособного продукта;
- ускорение темпов внедрения инноваций в практику.

Вместе с перечисленными проблемами, необходимо решать вопрос о возможно допустимой для освоения научно-техническими подразделениями рыночной составляющей инновационной деятельности. Мера этой составляющей, в силу особенностей научно-технической деятельности предприятий и положения в них подразделений, осуществляющих ее, на наш взгляд, должна определяться, исходя первоначально из объема выполнения конструкторами и технологами работ по технической подготовке производства и дальше – расчета их рыночного ресурса. Основа решения этой задачи видится в заключении хозяйственных договоров, устанавливающих деловые отношения между научно-техническими подразделениями предприятий и самими этими предприятиями с учетом внешних заказов для названных подразделений и их собственных программ по инновационному бизнесу.

Таким образом, перед управлением инновационной деятельностью предприятий в условиях рынка стоит множество сложных задач, для осуществления которых движение по пути совершенствования применяемых форм и внедрения новых является объективно востребованным.

---

<sup>6</sup> Одиноченков В.В. Совершенствование экономических методов управления научно-техническим процессом. Отчет по НИР. Часть 1. Брянск, 2005.





## MANAGEMENT OF NEW PRODUCT CREATION CYCLE AS BUSINESS-PROCESS

In this work the problem of implementation of management of development of innovation activity of industrial enterprises is examined. The author revealed the necessity of expansion of self-dependence of scientific and technical structure of their on all stages of vital cycle of innovation processes since planning and finishing up of commercialization of new product. In formation of innovation activity in such format the part of the important factor is assigned to the functional governance connecting private processes in the single complicated process or system of processes bringing up their to a level of business-processes. The author gave recommendations concerning organizational construction of governance of innovation activity of industrial enterprises satisfying by market's conditions.

**N.V. GRACHEVA**

*Bryansk State University*

*e-mail: Nataliod@rambler.ru*

Key words: innovation development, engineering training of production, function, scientific and technical structure, functional process approach, market-oriented governance.

---

# РЫНОК ТРУДА И ЭКОНОМИКА ОБРАЗОВАНИЯ

---

УДК 331.56

## КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ БЕЗРАБОТИЦЫ НА РЫНКЕ ТРУДА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

**А.В. КОСТЫРЯ**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: Kostyrya@bsu.edu.ru*

На основе предложенных классификаций различных форм, типов, видов и подвидов безработицы, опубликованных в предыдущем номере, рассмотрены способы расчета уровней различных классификационных единиц безработицы. На основе имеющейся статистической информации по рынку труда Белгородской области количественно оценены некоторые из них.

Ключевые слова: различные формы, типы, виды и подвиды безработицы, уровень безработицы, показатель социальной эффективности политики занятости.

---

Для проведения анализа критической ситуации на рынке труда и разработки на его основе эффективных методов управления рынком труда и социально-экономических программ требуется количественно оценить масштабы и размеры безработицы на нем. Но определение общего уровня безработицы, на наш взгляд, не даст возможности достигнуть поставленных целей. Проведение аналитического исследования безработицы на рынке труда должно быть основано не только на количественной, но и на качественной оценке ее структуры. В предыдущем выпуске настоящего журнала<sup>1</sup> была опубликована статья, в которой мы предложили две классификации различных форм, типов, видов и подвидов безработицы. Основываясь на представленных в них классификационных единицах и классическом определении уровня безработицы, применяемом при статистических расчетах Федеральной службы государственной статистики<sup>2</sup>, мы предлагаем способы их расчета. Они приведены в таблице 1, в которой способы расчета уровней вынужденной, фактической, женской, молодежной и пенсионной безработиц основываются на принятой методологии, сформированной в источниках, указанных в сносках. Другие способы расчета уровней

---

<sup>1</sup> Костыря А.В. Классификация безработицы как фактор эффективного механизма регулирования рынка труда // Научные ведомости. Серия: история, политология, экономика, информатика. 2008. № 10 (50). Выпуск 8. С. 219-226.

<sup>2</sup> Статистический ежегодник. Белгородская область. 2006 : Стат. сб. / Белгородстат. Белгород, 2007. С. 105.



различных форм, типов, видов и подвидов безработицы являются авторской разработкой. Используемые в таблице 1 различные типы шрифта определяют классификационную характеристику безработицы. Так, полужирным шрифтом обозначены формы и типы, полужирным курсивом – виды, курсивом – подвиды безработицы.

Из всего многообразия форм, типов, видов и подвидов безработицы, на основе имеющейся статистической информации по рынку труда Белгородской области за 2000-2007 годы<sup>1</sup> и представленных в таблице 1 способов расчета уровня безработицы,

---

<sup>1</sup> Баланс затрат труда в среднем за 2007 год : Статистический бюллетень № 79 / Росстат, Белгородстат. Белгород, 2008; Белгородская область в 1999 году : Статистический сборник / Госкомстат России, Белгородский областной комитет госстатистики. Белгород, 2000. С. 43-44, 82, 89, 231; Белгородская область в 2000 году : Статистический сборник / Госкомстат России, Белгородский областной комитет госстатистики. Белгород, 2001. С. 54-55, 273; Белгородская область в 2003 году : Статистический сборник / Росстат, Белгородстат. Белгород, 2004. С. 85, 136, 149, 153, 241-245, 247, 327, 334, 342-344; Белгородская область в 2005 году : Статистический сборник / Росстат, Белгородстат. Белгород, 2006. С. 71-73, 80, 236, 238-249, 340-341; Белгородская область в цифрах в 2007 году : Краткий статистический сборник / Белгородстат. Белгород, 2008. С. 51, 85, 88, 90, 93, 101, 140, 143-155, 204, 206, 218, 221, 240; Возрастно-половой состав населения Белгородской области в 2003 году : Статистический бюллетень / Росстат, Белгородстат. Белгород, 2004. С. 3-5; Возрастно-половой состав населения Белгородской области в 2004 году : Статистический бюллетень № 1 (15) / Росстат, Белгородстат. Белгород, 2005. С. 3-5; Возрастно-половой состав населения Белгородской области в 2005 году : Статистический бюллетень № 1 (15) / Росстат, Белгородстат. Белгород, 2006. С. 3-5; Возрастно-половой состав населения Белгородской области в 2006 году : Статистический бюллетень № 1 (13) / Росстат, Белгородстат. Белгород, 2007. С. 3-5; Возрастно-половой состав населения Белгородской области на 1 января 2008 года : Статистический бюллетень № 1 (17) / Росстат, Белгородстат. Белгород, 2008. С. 3-5; О ситуации на рынке труда Белгородской области в 2007 году : Аналитический материал / Росстат, Белгородстат. Белгород, 2008. С. 12, 27; Обследование населения по проблемам занятости в 2007 году : Статистический бюллетень № 16-13/45 / Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Белгородской области. Белгород, 2008. С. 4-5, 7, 14, 19-20; Обследование населения по проблемам занятости. Ноябрь 2002 года : Статистический бюллетень / Государственный комитет РФ по статистике. Белгород, 2002. С. 388; Паспорт Белгородской области за 2000 год / Администрация Белгородской области; Отв. за вып. Л.А. Пинаева. Белгород, 2001.

Социальное положение и уровень жизни населения Белгородской области: Статистический сборник / Росстат, Белгородстат. Белгород, 2008. С. 56, 65, 90; Социальное положение и уровень жизни населения Белгородской области: Статистический сборник / Белгородстат. Белгород, 2005. С. 88; Социальное положение и уровень жизни населения Белгородской области: Статистический сборник / Белгородстат. Белгород, 2006. С. 86;

Социальное положение и уровень жизни населения Белгородской области: Статистический сборник / Белгородстат. Белгород, 2007. С. 92; Социальное положение и уровень жизни населения России. 2003 : Статистический сборник / Росстат. М., 2004; Социальное положение и уровень жизни населения России. 2003 : Статистический сборник / Росстат. М., 2004. С. 116; Социальное положение и уровень жизни населения России. 2006 : Статистический сборник / Росстат. М., 2007. С. 103; Социально-экономическое положение Белгородской области в 2007 году : Комплексный доклад / Росстат, Белгородстат. Белгород, 2008. № 12. С. 215; Статистический ежегодник. Белгородская область. 2006 : Статистический сборник / Белгородстат. Белгород, 2007. С. 12, 14, 66, 73-74, 76, 78-81, 85-86, 89, 90-92, 96, 152, 156, 158, 172, 178, 190-191, 223, 238, 287-288, 291-303, 412, 415, 438-440, 446; Статистический сборник. Белгородская область. 2000 : Статистический сборник / Белгородстат. Белгород, 2001. С. 64-65; Статистический сборник. Белгородская область. 2004 : Статистический сборник / Белгородстат. Белгород, 2005. С. 102; Сведения о предоставлении государственных услуг в области содействия занятости населения за январь – декабрь 2007 года / Управление по труду и занятости населения Белгородской области; Сведения о составе граждан, обратившихся в органы службы занятости. Январь – декабрь 2000 года / Департамент ФГСЗН по Белгородской области; Сведения о составе граждан, обратившихся в органы службы занятости. Январь – декабрь 2001 года / Департамент ФГСЗН по Белгородской области; Сведения о составе граждан, обратившихся в органы службы занятости. Январь – декабрь 2002 года / Департамент ФГСЗН по Белгородской области; Сведения о составе граждан, обратившихся в органы службы занятости и реализации программ содействия занятости населения. Январь – декабрь 2003 года / Департамент ФГСЗН по Белгородской области; Сведения о составе граждан, обратившихся в органы службы занятости и реализации программ содействия занятости населения. Январь – декабрь 2004 года / Департамент ФГСЗН по Белгородской области; Сведения о составе граждан, обратившихся в органы службы занятости и реализации программ содействия занятости населения. Январь – декабрь 2005 года / Управление ФГСЗН по Белгородской области; Данные Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области; Данные Управления Федеральной налоговой службы России по Белгородской области; Внутренние данные территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области;



количественно мы смогли оценить добровольную, вынужденную, естественную, фрикционную, структурную, миграционную, финансовую, эстерогенную, интеллектуальную, порождаемую неэффективной деятельностью бирж труда, женскую, молодежную, пенсионную, явную, фактическую, скрытую, формальную, кратковременную, длительную и очаговую безработицы. Показатели для расчета уровней некоторых указанных безработиц сведены в табл. 2.

Застойная, сезонная, большая и малая циклические, хроническая, конверсионная, информационная, порождаемая деятельностью профсоюзов, технологическая, расовая, статистически дискриминационная безработицы и безработица ожидания не поддаются количественному определению вследствие полного отсутствия или отсутствия подробной статистической информации. Определить размеры циклической, институциональной, основанной на качественном несоответствии спроса и предложения на рынке труда, и дискриминационной безработиц не представляется возможным вследствие наложения друг на друга составляющих их видов и подвидов и невозможности четкого разделения численности безработных между ними.

Итак, в среднем за период 2000-2007 г. уровень добровольной безработицы на рынке труда Белгородской области составил 37,37%<sup>1</sup>. Уровень явной безработицы увеличился на 0,37% против 1,9% снижения уровня вынужденной (фактической) безработицы. В последние три года рассматриваемого периода уровень фрикционной безработицы на рынке труда Белгородской области колебался в пределах 18-18,9%. В среднем за восемь лет он составил 17,9%.

Конец рассматриваемого периода характеризуется наименьшим показателем уровня структурной безработицы за все восемь лет – 0,41%. В среднем он составил 2,6%. При этом наиболее часто сокращение среднегодовой численности занятых наблюдалось в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве; обрабатывающей промышленности; деятельности, связанной с операциями с недвижимым имуществом, аренды и с предоставлением услуг, производстве и распределении электроэнергии, газа и воды. При этом наиболее сильно, но в некоторых случаях с меньшей частотой, структурная безработица касалась таких отраслей, как сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство; обрабатывающие производства; строительство; транспорт и связь; предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг.

Уровень естественной безработицы формируется в большей степени под влиянием уровня фрикционной безработицы и составляет в области в среднем 20,51%. Уровень интеллектуальной безработицы сокращается, при этом ей более подвержены мужчины, чем женщины.

К концу 2007 года наблюдалось сокращение уровня безработицы, порождаемой неэффективной деятельностью бирж труда, но в среднем за восемь лет этот показатель составил 23,78%. Малые показатели уровня эстерогенной безработицы обеспечивались за счет небольшого числа обращений к услугам государственного посредника на рынке труда, однако социальная эффективность последнего в последние годы неуклонно возрастала. Но при росте уровня явной безработицы в условиях кризиса этого может быть недостаточно.

За восемь лет уровень миграционной безработицы сократился лишь на 0,09% и в среднем за указанный промежуток составил менее 1% – 0,96%, при этом в 2007 году он имел тенденцию роста и составил 0,94%, что превышает показатель предыдущего года в 1,71 раза.

---

Сведения о составе граждан, обратившихся в органы службы занятости и реализации программ содействия занятости населения. Январь – декабрь 2006 года / Управление ГСЗН по Белгородской области.

<sup>1</sup> Здесь и далее рассчитано как среднее арифметическое на основе данных табл. 2.



Таблица 1

## Способы расчета уровней различных форм, типов, видов и подвидов безработицы

Показатель, %	Формула	Примечание
1	2	3
Уровень добровольной безработицы	$\frac{ЧН - ЧЭАН}{ЧН} \times 100\% = \frac{ЧЭНАН}{ЧН} \times 100\% = Y_{ДБ}$	где $ЧН$ – численность населения в возрасте 15-72 лет, тысяч человек; $ЧЭАН$ – численность экономически активного населения в возрасте 15-72 лет, тысяч человек; $ЧЭНАН$ – численность экономически неактивного населения в возрасте 15-72 лет, тысяч человек.
Уровень вынужденной безработицы <sup>1</sup>	$\frac{ЧЭАН - ЧЗ}{ЧЭАН} \times 100\% = \frac{ЧБ}{ЧЭАН} \times 100\% = Y_{ВБ} (Y_{ФактБ})$	где $ЧЗ$ – численность занятого населения, тысяч человек; $ЧБ$ – численность безработных в возрасте 15-72 лет, определяемых по методологии МОТ, тысяч человек.
Уровень фактической безработицы <sup>2</sup>		
Уровень естественной безработицы	$\frac{ЧЭАН - ЧЗ_{П}}{ЧЭАН} \times 100\% = \frac{ЧБ_{Е}}{ЧЭАН} \times 100\% = Y_{ЕБ}$ <p style="text-align: center;">или <math>Y_{ФРБ} + Y_{СБ} = Y_{ЕБ}</math></p>	где $ЧЗ_{П}$ – потенциальное число занятых, соответствующих целесообразному уровню полной занятости, тысяч человек; $ЧБ_{Е}$ – численность «естественных» безработных в возрасте 15-72 лет, тысяч человек; $Y_{ФРБ}$ – уровень фрикционной безработицы, %; $Y_{СБ}$ – уровень структурной безработицы, %.
Уровень фрикционной безработицы	$\frac{B_P}{ЧЭАН} \times 100\% = Y_{ФРБ} \text{ или } \frac{П_P}{ЧЭАН} \times 100\% = Y_{ФРБ}$	где $B_P$ – численность выбывших работников в течение предыдущего года, тысяч человек; $П_P$ – численность принятых работников в течение текущего года, тысяч человек.

<sup>1</sup> По методологии, используемой ФСГС.<sup>2</sup> Аналогично.



Продолжение табл. 1

1	2	3
Уровень структурной безработицы	$\frac{\overline{ЧЗ}_Г^1 - \overline{ЧЗ}_Г^0}{ЧЭАН} \times 100\% = Y_{CB}$	где $\overline{ЧЗ}_Г^1$ – среднегодовая численность занятых в текущем году, тысяч человек; $\overline{ЧЗ}_Г^0$ – среднегодовая численность занятых в предыдущем году, тысяч человек.
Уровень хронической безработицы	$Y_{EB}^1 - Y_{EB}^0 = Y_{XB}$	где $Y_{EB}$ – уровень естественной безработицы, установившийся после спада производства, %; $Y_{EB}^0$ – предыдущий уровень естественной безработицы, %.
Уровень безработицы ожидания	$\frac{ЧР_О}{ЧЭАН} \times 100\% = Y_{BO}$	где $ЧР_О$ – численность работников, сознательно ожидающих появления вакансий с более высоким уровнем заработной платы, тысяч человек.
Уровень конверсионной безработицы	$\frac{ЧБ_{ВПК}}{ЧЭАН_{ВПК}} \times 100\% = Y_{KB}$	где $ЧБ_{ВПК}$ – численность бывших военно-служащих и высвободившихся работников, ранее занятых на предприятиях военно-промышленного комплекса (ВПК), тысяч человек; $ЧЭАН_{ВПК}$ – численность экономически активного населения, относящегося по роду деятельности или по последнему месту работы к ВПК, тысяч человек;
Уровень циклической безработицы	$Y_{ИБ} + Y_{МБ} + Y_{ФинБ} + Y_{БЦБ} + Y_{МЦБ} + Y_{КачБ} + Y_{Диб} = Y_{ЦБ}$	где $Y_{ИБ}$ – уровень институциональной безработицы, %; $Y_{МБ}$ – уровень миграционной безработицы, %; $Y_{ФинБ}$ – уровень финансовой безработицы, %; $Y_{БЦБ}$ – уровень большой циклической безработицы, %; $Y_{МЦБ}$ – уровень малой циклической безработицы, %; $Y_{КачБ}$ – уровень безработицы, основанной на качественном несоответствии спроса и предложения на рынке труда, %; $Y_{Диб}$ – уровень дискриминационной безработицы, %.



Продолжение табл. 1

1	2	3
Уровень институциональной безработицы	$U_{ИнфБ} + U_{ЭБ} + U_{ИБ} + U_{ББТ} + U_{БП} = U_{ИнстБ}$	где $U_{ИнфБ}$ – уровень информационной безработицы, %; $U_{ЭБ}$ – уровень эстерогенной безработицы, %; $U_{ИБ}$ – уровень интеллектуальной безработицы, %; $U_{ББТ}$ – уровень безработицы, порождаемой неэффективной деятельностью бирж труда, %; $U_{БП}$ – уровень безработицы, порождаемой деятельностью профсоюзов, %.
Уровень информационной безработицы	$\frac{ЧБ_{Инф}}{ЧЭАН} \times 100\% = U_{ИнфБ}$	где $ЧБ_{Инф}$ – численность безработных, оказавшихся таковыми вследствие раздробленности информации, отсутствия ее полноты и свободы на рынке труда, тысяч человек.
Уровень безработицы, порождаемой деятельностью профсоюзов	$\frac{ЧБ_{П}}{ЧЗ_{П} + ЧБ_{П}} \times 100\% = U_{БП}$	где $ЧБ_{П}$ – численность безработных, получивших отказ в рабочем месте от лица профсоюзной организации, человек; $ЧЗ_{П}$ – численность занятых, являющихся членами профсоюзных организаций, человек.
Уровень интеллектуальной безработицы	$\frac{ЧБ_{ВО}}{ЧЭАН_{ВО}} \times 100\% = U_{ИБ}$	где $ЧБ_{ВО}$ – численность безработных с высшим образованием, тысяч человек; $ЧЭАН_{ВО}$ – численность экономически активного населения с высшим образованием, тысяч человек.
Уровень эстерогенной безработицы	$\frac{U_{ЯБ}}{\frac{ЧБ_{СнУ}}{ЧБ_{СмУ}}} = \frac{U_{ЯБ}}{СЭ_{ПЗ}} = U_{ЭБ}$	где $U_{ЯБ}$ – уровень регистрируемой безработицы, %; $ЧБ_{СнУ}$ – численность безработных, снятых с учета УТЗН в отчетном году, человек; $ЧБ_{СмУ}$ – численность безработных, стоящих на учете в УТЗН на конец отчетного периода; $СЭ_{ПЗ}$ – показатель социальной эффективности политики занятости, доли единицы.



Продолжение табл. 1

1	2	3
Уровень миграционной безработицы	$\frac{ЧЗ_M}{ЧЭАН} \times 100\% = Y_{MB}$	где $ЧЗ_M$ – численность занятых, не являющихся жителями данного региона, и переселенцев, тысяч человек.
Уровень малой циклической безработицы	$\frac{ЧБ_{пц}}{ЧЭАН} \times 100\% = Y_{Бпц}$	где $ЧБ_{пц}$ – численность безработных, обусловленных сменой промышленных циклов (малых или больших), тысяч человек; $Y_{Бпц}$ – уровень безработицы, обусловленной промышленными циклами (малой циклической или большой циклической), %.
Уровень большой циклической безработицы		
Уровень финансовой безработицы	$\frac{ЧБ_{фин}}{ЧЭАН_{фин}} \times 100\% = Y_{финБ}$	где $ЧБ_{фин}$ – численность безработных предпринимателей, закрывших свои предприятия и наемных работников, высвободившихся по этой причине, человек; $ЧЭАН_{фин}$ – численность экономически активного населения, состоящего из числа действующих и бывших предпринимателей и наемных работников, работающих и ранее работавших по договору найма у частных работодателей, человек.
Уровень технологической безработицы	$\frac{ЧБ_T}{ЧЭАН} \times 100\% = Y_{TB}$	где $ЧБ_T$ – численность безработных, обусловленных автоматизацией производства или переходом предприятий на менее человекоемкие технологии, тысяч человек.
Уровень безработицы, основанной на качественном несоответствии спроса и предложения на рынке труда	$Y^{кач}_{ЖБ} + Y^{кач}_{ВБ} = Y_{качБ}$	где $Y^{кач}_{ЖБ}$ – уровень женской безработицы, обусловленной качественным несоответствием безработного вакантным рабочим местам, %; $Y^{кач}_{ВБ}$ – уровень возрастной безработицы (молодежной или пенсионной), обусловленной качественным несоответствием безработного вакантным рабочим местам, %.





Продолжение табл. 1

1	2	3
Уровень дискриминационной безработицы	$U_{ДжБ} + U_{ДвБ} + U_{РБ} + U_{СтДжБ} = U_{ДжБ}$	где $U_{ДжБ}$ – уровень женской безработицы, обусловленной дискриминационным поведением агентов рынка труда, %; $U_{ДвБ}$ – уровень возрастной безработицы (молодежной или пенсионной), обусловленной дискриминационным поведением агентов рынка труда, %; $U_{РБ}$ – уровень расовой (или национальной) безработицы, %; $U_{СтДжБ}$ – уровень статистически дискриминационной безработицы, %.
Уровень женской безработицы <sup>1</sup>	$\frac{ЧБ_{Ж}}{ЧЭАН_{Ж}} \times 100\% = U_{ЖБ}$	где $ЧБ_{Ж}$ – численность безработных женщин по методологии МОТ, тысяч человек; $ЧЭАН_{Ж}$ – численность экономически активных женщин, тысяч человек.
Уровень молодежной безработицы <sup>2</sup>	$\frac{ЧБ_{В}}{ЧЭАН_{В}} \times 100\% = U_{ВБ}$	где $ЧБ_{В}$ – численность безработных соответствующей возрастной группы, тысяч человек; $ЧЭАН_{В}$ – численность экономически активного населения той же возрастной группы, тысяч человек; $U_{ВБ}$ – уровень возрастной безработицы (молодежной или пенсионной), %.
Уровень пенсионной безработицы <sup>3</sup>		
Уровень расовой (или национальной) безработицы	$\frac{ЧБ_{РДж}}{ЧЭАН} \times 100\% = U_{РБ}$	где $ЧБ_{РДж}$ – численность безработных вследствие расовой дискриминации, тысяч человек.
Уровень статистически дискриминационной безработицы	$\frac{ЧБ_{СтДж}}{ЧЭАН} \times 100\% = U_{СтДжБ}$	где $ЧБ_{СтДж}$ – численность безработных вследствие статистической дискриминации, тысяч человек.
Уровень явной безработицы	$\frac{ЧБ_{З}}{ЧЭАН} \times 100\% = U_{ЯБ}$	где $ЧБ_{З}$ – численность безработных, зарегистрированных в УТЗН, тысяч человек.

<sup>1</sup> По методологии, используемой ФСГС.<sup>2</sup> Аналогично.<sup>3</sup> Аналогично.



Продолжение табл. 1

1	2	3
Уровень частичной безработицы	$\frac{ЧЗ_{НРД}^y}{ЧЭАН} \times 100\% = Y_{ЧБ}$	где $ЧЗ_{НРД}^y$ – численность занятых, работавших неполный рабочий день (неделю) по инициативе администрации, в пересчете на условных работников с полным рабочим временем, тысяч человек.
Уровень формальной безработицы	$\frac{ЧЗ_{Нефс}}{ЧЭАН} \times 100\% = Y_{ФБ}$	где $ЧЗ_{Нефс}$ – численность занятых в неформальном секторе экономики, тысяч человек.
Уровень скрытой безработицы	$\frac{ЧЗ_{НРД}^y + ЧЗ_{ЗЗ}}{ЧЭАН} \times 100\% = \frac{ЧЗ_{СБ}}{ЧЭАН} \times 100\% = Y_{СБ}$	где $ЧЗ_{ЗЗ}$ – численность занятых, перед которыми со стороны организаций имелась просроченная задолженность по заработной плате, человек; $ЧЗ_{СБ}$ – численность занятых, трудовая деятельность которых характеризуется признаками скрытой безработицы, человек.
Уровень застойной безработицы	$\frac{ЧБ_{Заст}}{ЧБ} \times 100\% = Y_{ЗастБ}$	где $ЧБ_{Заст}$ – численность безработных, характеризующихся полной профессиональной деградацией, тысяч человек.
Уровень сезонной безработицы	$\frac{ЧБ_{Сез}}{ЧБ} \times 100\% = Y_{СезБ}$	где $ЧБ_{Сез}$ – численность безработных, вызванная сезонными колебаниями спроса на труд, тысяч человек.
Уровень кратковременной безработицы	$\frac{ЧБ_{П}}{ЧБ} \times 100\% = Y_{ПБ}$	где $ЧБ_{П}$ – численность безработных, ищущих работу в течение соответствующего периода, тысяч человек; $ЧБ$ – общая численность безработных, тысяч человек; $Y_{ПБ}$ – уровень безработицы соответствующего периода (кратковременной или длительной), %.
Уровень длительной безработицы		



Окончание табл. 1

1	2	3
Уровень очаговой безработицы	$\frac{ЧБ_{Пр}}{ЧЭАН_{Пр}} \times 100\% = Y_{ОБ}^{Пр}$ <p style="text-align: center;">или</p> $\frac{\overline{ЧЗ}_{ЭД}^0 - \overline{ЧЗ}_{ЭД}^1}{\overline{ЧЗ}_{ЭД}^0} \times 100\% = Y_{ОБ}^{ЭД}$	<p>где <math>ЧБ_{Пр}</math> – численность безработных данной профессиональной принадлежности к занятиям по последнему месту работы, тысяч человек; <math>ЧЭАН_{Пр}</math> – численность экономически активного населения данной профессиональной принадлежности к занятиям, тысяч человек; <math>Y_{ОБ}^{Пр}</math> – уровень очаговой безработицы по профессиональной принадлежности к занятиям, %; <math>\overline{ЧЗ}_{ЭД}^0</math> – среднегодовая численность занятых определенным видом экономической деятельности в предыдущем году, тысяч человек; <math>\overline{ЧЗ}_{ЭД}^1</math> – среднегодовая численность занятых определенным видом экономической деятельности в текущем году, тысяч человек; <math>Y_{ОБ}^{ЭД}</math> – уровень очаговой безработицы по видам экономической деятельности, %.</p>

Таблица 2

**Расчетные значения уровней некоторых форм, типов, видов и подвидов безработицы на рынке труда Белгородской области в период с 2000 по 2007 гг.**

Виды безработицы	Годы							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Добровольная	35,01	34,86	37,97	38,38	37,79	39,54	36,76	38,63
Вынужденная (фактическая)	6,1	6,5	8,1	8,2	5,9	6	5,6	4,2
Фрикционная	13,71	17,28	20,52	18,4	17,67	18,88	18,1	18,67
Структурная	7,97	1,8	4,65	2,63	1,25	1,22	0,9	0,41
Естественная	21,68	19,08	25,17	21,03	18,92	20,1	19	19,08
Интеллектуальная безработица	3,9	5,91	3,84	4,89	7,87	3,04	2,72	1,11
Безработица, порождаемая неэффективной деятельностью бирж труда	28	22,4	21,8	21,8	25	25,1	23,9	22,22
Эстерогенная безработица	0,32	0,43	0,71	0,77	0,8	0,67	0,57	0,38

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Миграционная безработица	1,03	1,23	1,42	0,88	0,82	0,78	0,55	0,94
Финансовая безработица	26,25	41,58	40,75	37,78	34,12	33,71	26,25	41,58
Женская безработица	5,1	8	8,1	7,6	5,9	6,7	5,5	4,3
Молодежная безработица	14,31	15,6	14,77	18,53	9,61	10,72	12,44	9,43
Пенсионная безработица	4,22	4,61	6,32	4,91	2,43	4,39	2,6	1,39
Явная безработица	0,7	0,9	1,2	1,4	1,5	1,5	1,4	1,07
Частичная безработица	0,09	0,05	0,04	0,02	0,03	0,01	0,01	-
Скрытая безработица	0,32	10,78	10,38	4,01	1,56	0,56	0,54	0,42
Формальная безработица	-	-	21,61	13,62	-	-	16,89	12,01
Кратковременная безработица	54	72,9	56,9	70	66,4	67,3	75,1	54,1
Длительная безработица	46	27,1	43,1	28,1	33,6	32,7	24	45,9

За исключением начала периода, уровень финансовой безработицы не опускался ниже 30%. В среднем за шесть лет он составил 35,7%. Начиная с 2003 года, данный показатель имел неуклонную тенденцию к снижению на 7,87%, но по сравнению с началом конца рассматриваемого периода на 7,46% выше.

В целом, за указанный период уровень женской безработицы сократился на 0,8% и в среднем за восемь лет составил 6,4%. Средний уровень молодежной безработицы составил 13,18%, тогда как пенсионной – 3,86%. При этом среди молодежи безработица более свойственна женскому полу, тогда как среди лиц пенсионного и предпенсионного возрастов – мужскому.

Частичная безработица не оказывала сильного воздействия на напряженность рынка труда не только своими низкими показателями, но и однозначной тенденцией к снижению своего уровня на протяжении всех семи лет. Основным же «виновником» скрытой безработицы является просроченная задолженность по заработной плате организаций перед работниками. При этом численность занятых, отправленных в административные отпуска, в среднем за семь лет превышала масштабы частичной безработицы в 7,6 раза. В течение пяти последних лет уровень скрытой безработицы в Белгородской области сократился почти в 20 раз.

Динамику формальной безработицы полностью за рассматриваемый период проследить нам не представляется возможным из-за отсутствия статистического ряда, но можем отметить, что в 2003 году наблюдался спад в 1,6 раза, а в 2007 году – в 1,4 раза.

В среднем уровень кратковременной безработицы превышал уровень длительной безработицы практически в 2 раза. Но при высокой экономической активности женщин и намечающейся положительной динамике показателей уровней кратковременной и длительной форм безработицы данной половой группы положение безработных мужчин на рынке труда более устойчиво и менее проблемно, хотя и имеет отрицательную динамику.

Очаговая безработица рассмотрена нами с позиций различных групп профессиональных занятий и видов экономической деятельности. Анализ показал, что безработица в большей степени затрагивает лиц, занимающихся подготовкой информации, оформлением документации, учетом и обслуживанием. При этом среди неквалифицированных рабочих она носит постоянный характер, что, в свою очередь,



еще раз подтверждает важность уровня и качества образования как инструмента конкурентной борьбы на рынке труда. В производственной деятельности безработица в большей степени затрагивает обрабатывающие производства, охоту, сельское и лесное хозяйства, добычу полезных ископаемых, транспорт и связь, строительство, рыболовство и рыбоводство, производство электроэнергии, газа и воды, научные исследования и разработки. Наиболее постоянный характер она носит в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве. В составе обрабатывающих производств безработица коснулась всех отраслей, за исключением производства пищевых продуктов, включая напитки и табак, и производства резиновых и пластмассовых изделий. Определенным постоянством ее возникновения характеризуются текстильное и швейное производства, производство кожи, изделий из кожи и обуви, обработка древесины и производство изделий из дерева, целлюлозно-бумажное производство, издательская и полиграфическая деятельности, производство машин и оборудования. В сфере услуг высокие показатели уровня очаговой безработицы были отмечены во всех видах торговли, рекламной деятельности, операциях с недвижимостью, в сфере среднего общего образования.

На основе проведенного количественного анализа нами сделан вывод о том, что наибольшего внимания при разработке корректирующих и регулирующих мер на рынке труда Белгородской области требуют: интеллектуальная безработица (как среди мужчин, так и среди женщин); безработица, порождаемая неэффективной деятельностью бирж труда, а вместе с ней и эстерогенная; молодежная безработица в целом и в разрезе половых групп; женская; скрытая; формальная; длительная обоих полов; очаговая по профессиональной принадлежности к занятиям и по видам экономической деятельности.

В условиях экономического кризиса ситуация на рынке труда, на наш взгляд, будет только ухудшаться. Но сказать заранее, какие именно формы, типы, виды и подвиды безработицы отреагируют на него первыми и в каких масштабах, не представляется возможным. Нам видится, что наиболее вероятной его проекцией на региональный рынок труда явится мультипликативный эффект и общее сокращение занятости населения.

## QUANTITATIVE DEFINITION OF UNEMPLOYMENT LEVEL IN THE LABOUR MARKET OF BELGOROD REGION

On the basis of different forms of the unemployment classification, the ways of calculation of different levels of unemployment units are given. The estimation is done according the information of the labour market of Belgorod region.

A.V. KOSTYRYA

*Belgorod State University*  
*e-mail: Kostyrya@bsu.edu.ru*

Key words: levels of unemployment, parameters of social efficiency employment policy, types of unemployment.

## СОВРЕМЕННАЯ ТРУДОВАЯ МИГРАЦИЯ НАСЕЛЕНИЯ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ В РОССИЮ

**У.Ж. ЭРГЕШБАЕВ**

*Ошский  
государственный  
университет*

*e-mail:  
uranbek65@mail.ru*

В данной статье рассматриваются проблемы внешней трудовой миграции из стран Центральной Азии в Россию, ее социально-экономические последствия. При этом последствия рассматриваются как для стран-доноров на примере Таджикистана, Кыргызстана, Узбекистана, так и для России, принимающей основную часть потоков трудовой миграции из данного региона. Автор доказывает, что современная внешняя трудовая миграция в целом выгодна странам Центральной Азии, она пока остается единственно возможным решением многих острых социально-экономических проблем стран региона. По мнению автора, в целом для России в притоке трудовых мигрантов из Центральной Азии больше положительных сторон, чем отрицательных: в экономику страны вливается дешевая рабочая сила, решаются демографические проблемы и др.

Ключевые слова: внешняя трудовая миграция, социально-экономические последствия, трудовой мигрант, международная миграция, Центральная Азия, Россия.

После распада Советского Союза внешние миграционные процессы в государствах Центральной Азии дважды претерпели принципиальные изменения. В первой половине 90-х годов из данного региона наблюдались мощные потоки вынужденной миграции. В дальнейшем, по мере исчерпания потенциала вынужденной миграции (основу которого составила миграция русскоязычного населения), стали расти масштабы легальной и нелегальной трудовой миграции коренного населения стран Центральной Азии. В настоящее время трудовая миграция коренного населения стран Центральной Азии приняла масштабный характер. При этом последствия рассматриваются как для стран-доноров на примере Таджикистана, Кыргызстана, Узбекистана, так и для России, принимающей основную часть потоков трудовой миграции из данного региона. Как отмечают специалисты Международного бюро труда, «так как международная миграция зависит от связей между посылающими и принимающими странами и сама по себе является средством взаимодействия между странами, ее детерминанты и последствия не могут рассматриваться с точки зрения лишь одной страны»<sup>1</sup>.

Основными источниками потоков трудовой миграции из региона являются три государства: Узбекистан, Таджикистан и Кыргызстан. По различным оценкам, на конец 2005 г. в России находилось от 1,8 до 3,5 млн. трудовых мигрантов из стран Центральной Азии, 9/10 которых прибыли из вышеназванных стран<sup>2</sup>.

После распада Советского Союза экономика стран Центральной Азии испытала резкое падение ВВП. По данным Всемирного Банка, в 1990-1999 гг. ВВП Кыргызстана сократился в 4,2 раза, Таджикистана, Казахстана и Туркменистана – в 2,3 – 2,7 раза, а Узбекистана – в 1,4 раза<sup>3</sup>. Экономический спад происходил на фоне продолжающегося роста населения. По данным Статкомитета СНГ, в 1991 – 2005 гг. численность жителей Центральной Азии (без Казахстана) увеличилась на 28%<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Билсборроу Р.Е., Хьюго Г., Обераи А.С., Злотник Х. Статистика международной миграции: рекомендации по совершенствованию систем сбора данных. М., 1999. С. 6.

<sup>2</sup> Боришполец К., Бабаджанов А. Миграционные риски стран Центральной Азии // Аналитические записки МГИМО (У) МИД России. М., 2007. Вып.2 (22). С. 4.

<sup>3</sup> World Development Report. World Bank. Wash., D.C., 2005. P. 260-261.

<sup>4</sup> Комитет статистики стран СНГ, 2006. Статистический ежегодник. М., 2006. С. 23.



Современная экономическая ситуация требует от центрально-азиатских элит принятия самых энергичных мер по нахождению дополнительных источников социально-экономического развития, как эндогенных, так и экзогенных. В противном случае возможны серьезные внутренние потрясения. Особо опасно то обстоятельство, что в 90-е годы резко снизился как материальный, так и культурный уровень молодежи, которая составляет большую часть населения. Это доказывает пример Кыргызстана, где народные выступления в 2005 году привели к смене властной элиты. Основную массу участников пикетов, демонстраций против правительства составила сельская безработная молодежь. Причинами этих выступлений явились безработица, обесценивание рабочей силы, низкий уровень жизни населения. В этой ситуации очень важна положительная роль трудовой миграции, которая «амортизирует инфляцию, компенсирует падение доходов, позволяет выжить в условиях безработицы»<sup>5</sup>.

В постсоветский период во всех странах Центральной Азии усилилась деурбанизация. Особенно значительные масштабы она приняла в Таджикистане, Узбекистане и Кыргызстане, в первом из которых в сельской местности сегодня проживает около 3/4, а в двух других – около 2/3 всего населения. Деграция системы образования привела к тому, что большинство коренного населения имеет низкий образовательный уровень. При этом население Центральной Азии имеет благоприятную возрастную структуру трудовых ресурсов – более 1/3 составляют дети в возрасте до 14 лет и около 60% – люди в трудоспособном возрасте<sup>6</sup>.

Государственные органы управления почти полностью предоставили рыночной стихии процессы размещения рабочей силы. В основном трудовая миграция имеет вид неуправляемого, завалированного явления. Она осуществляется в большей степени стихийно, неформально, нелегально. В настоящее время сформировались целые сетевые структуры взаимодействия по экспорту и импорту рабочей силы. «В каждой из Центрально-азиатских стран развивается новый сектор экономической деятельности, сравнимый по доходам с четвертью или даже половиной ВВП, но который находится вне сферы государственного управления и лишь частично доступен мониторингу»<sup>7</sup>.

В силу того, что трудовая миграция носит преимущественно нелегальный характер, трудно определить реальное число трудовых мигрантов. Статистические органы стран Центральной Азии и их миграционных партнеров не могут назвать точные объемы трудовой миграции из региона. Информация официальных органов часто требует внесения определенных корректировочных расчетов. Так, по материалам Управления по внешней миграции Министерства труда и занятости населения Таджикистана, в странах СНГ находится более 250 тыс. трудовых мигрантов из этой страны. По данным государственной миграционной службы РТ, объемы трудовой миграции превышают 0,5 млн. человек. По мнению экспертов Совета Безопасности при Президенте РТ, численность трудовых мигрантов из Таджикистана составляет около 800 тыс. человек. По данным Комитета по охране государственной границы РТ, в 2001 г. за пределы страны в целях заработка выезжало более 1,2 млн. человек. Такой разброс в оценках можно объяснить попаданием в общую численность мигрантов, кроме граждан Таджикистана, транзитных мигрантов (например, из Афганистана). Многие мигранты к тому же неоднократно пересекают границу в течение года.

Во многих случаях основным источником информации являются социологические опросы, экспертные оценки. В настоящее время, по разным оценкам, за рубежом работает от 300 до 700 тыс. граждан Кыргызстана. При этом население республики на 1.01.05 составляло всего 5,1 млн. человек<sup>8</sup>. По оценкам экспертов в Узбекистане ежегодное количество внешних трудовых мигрантов составляет не менее 600 тыс. человек<sup>9</sup>.

<sup>5</sup> Топилин, А.В. СНГ: демографический потенциал, миграция, рынок труда / А.В. Топилин. М., 2002. С. 41.

<sup>6</sup> Содружество Независимых Государств в 2003 году. Статистический ежегодник. Статкомитет СНГ. М., 2004. С. 102.

<sup>7</sup> Боришполец, К., Бабаджанов, А. Миграционные риски стран Центральной Азии / К. Боришполец, А. Бабаджанов // Аналитические записки МГИМО (У) МИД России. М., 2007. Вып. 2 (22). С. 21.

<sup>8</sup> Трудовая миграция в странах Центральной Азии, Российской Федерации, Афганистане и Пакистане. Аналитический обзор. Алматы, 2005. С. 29.

<sup>9</sup> Максакова, Л.П. Экспорт рабочей силы из Узбекистана / Л.П. Максакова // Трудовая миграция в СНГ: Социальные и экономические эффекты. М., 2003. С. 148.



Главным направлением потоков трудовой миграции из региона Центральной Азии является Россия. В Россию направляются до 85% трудовых мигрантов из Таджикистана<sup>10</sup>, до 60 % трудовых мигрантов из Кыргызстана<sup>11</sup>, около 70 % внешних трудовых мигрантов из Узбекистана<sup>12</sup>. В то время, как в странах Центральной Азии наблюдается аграрное перенаселение, в России, в результате демографического кризиса, уменьшается население. Начиная с 2006 года, в России происходит ежегодное сокращение трудоспособного населения примерно на 1 млн. человек<sup>13</sup>.

Качество жизни массовых слоев населения стран Центральной Азии заметно отстает от показателей в других государствах постсоветского пространства. Несмотря на некоторое снижение уровня бедности в последние годы, Кыргызстан и Таджикистан продолжают оставаться самыми бедными странами в Восточно-Европейском и Центральном-Азиатском регионах. В настоящее время главным выталкивающим фактором миграции является крайне тяжелое экономическое положение республик ЦА, нарастающее отставание в уровне жизни от других стран СНГ, прежде всего от России, отсутствие ясных перспектив экономического оздоровления. Для сравнения отметим, что уровень среднемесячной зарплаты, по данным Межгосударственного Статкомитета СНГ, в 2004-2005 гг. составил: в России – 237 долл. США, в Казахстане – 208 долл., в Белоруссии – 162 долл., на Украине – 110 долл., в Кыргызстане – 51 долл., в Таджикистане – 21 долл.<sup>14</sup>. Социально-экономические факторы играют главную роль в формировании массовых потоков внешней трудовой миграции из региона.

Рассмотрим социально-экономические последствия миграционного притока из стран Центральной Азии для России. Российские специалисты отмечают ряд положительных последствий прибытия иностранцев на заработки в Россию, такие как ликвидация дефицита рабочей силы, рост экономических показателей во многих отраслях экономики, увеличение налоговых поступлений в бюджет. Но многие из экспертов считают, что последствия миграционного притока для России скорее отрицательные.

Как негативные последствия международной миграции для России выделяются следующие:

1. Мигранты из ближнего зарубежья не всегда имеют высокую квалификацию. Приток трудовых мигрантов происходит стихийно, отсутствует координация предложения с реальным спросом на рабочую силу. Миграционный приток рабочей силы происходит в условиях безработицы в России.

2. Значительная часть трудовых мигрантов занята в теневом секторе экономики, они не платят налоги, что приводит к ощутимым потерям местных и федерального бюджетов.

3. Миграционный приток не содействует разрешению одной из главных проблем российской экономики – преодолению упадка сельского хозяйства, обезлюдения деревень, сокращения населения в восточной части страны. Основная часть притока населения в Россию не идет в сельское хозяйство. Для экономического развития России необходим приток населения в сибирский, дальневосточный регионы страны. А он преимущественно направлен в европейскую часть страны, на Юг России, в большие города.

4. Концентрация мигрантов в некоторых сферах экономической деятельности (розничная торговля, строительство и ремонт, общественное питание и др.) приводит к монополизации этих сфер, ограничению доступа на рынки местных мелких производителей, установлению завышенных цен. Очень часто ухудшается криминогенная обстановка.

<sup>10</sup> Олимова С., Боск И. Трудовая миграция из Таджикистана. Душанбе, 2003. С.21.

<sup>11</sup> Трудовая миграция в странах Центральной Азии, Российской Федерации, Афганистане и Пакистане. Аналитический обзор. Алматы, 2005. С. 76.

<sup>12</sup> Там же. С.64.

<sup>13</sup> Топилин А.В. Нелегальная миграция: масштабы и социально-экономические последствия // Восток. 2006. Вып. 5 (41). С. 10.

<sup>14</sup> Аргументы и факты. 2005. № 28(1289). С. 3.





Отрицательным моментом современной миграционной ситуации в России является огромный разрыв в уровне квалификации между эмигрантами и иммигрантами<sup>15</sup>.

В качестве положительных последствий притока населения в Россию из ближнего зарубежья исследователи отмечают, прежде всего, смягчение демографического кризиса в стране. Именно миграционный приток из бывших республик СССР в значительной степени компенсирует убыль населения Российской Федерации в результате депопуляции. В некоторых отраслях российской экономики ощущается нехватка рабочей силы, особенно на работах, не требующих высокой квалификации и с низкой оплатой. Трудовые мигранты частично восполняют этот недостаток. «Иностранная рабочая сила нередко заполняет вакансии, не являющиеся престижными для российских граждан и поэтому не востребованные местным населением». Эффективность и качество труда иностранной рабочей силы достаточно высоки, а «конкуренция с её стороны даёт хорошие ориентиры и стимулы местному населению»<sup>16</sup>. Трудовые мигранты из Центральной Азии занимают те ниши на рынке труда, которые не являются привлекательными для местного российского населения. В целом, это способствует развитию сферы услуг, положительно сказывается на качестве жизни всего населения. Центрально-азиатские мигранты не столь обременительны для российского бюджета. Россия тратит на социальные блага для мигрантов значительно меньше денег, чем, например, Западная Европа.

Российские специалисты, обосновывая задачи демографической политики в современной России в области миграции и расселения, прежде всего, выделяют задачу поиска «наиболее предпочтительных контингентов мигрантов, способных наиболее легко интегрироваться в российскую этнокультурную среду». Основным направлением деятельности выделяется «нормализация миграционных притоков, привлечение мигрантов, не создающих угрозу её национальной безопасности»<sup>17</sup>. Специалисты указывают на необходимость «продуманной миграционной политики, не закрывающей двери для желательной по демографическим соображениям иммиграции, но и не открывающей их слишком широко и бесконтрольно»<sup>18</sup>. В Концепции демографического развития Российской Федерации на период до 2015 года среди приоритетов в области миграции указывается на необходимость «привлечения иммигрантов в Российскую Федерацию, в первую очередь, из государств-участников СНГ». Мигранты из Центральной Азии более предпочтительны, исходя из геополитических соображений, т.к. страны региона не имеют общей границы с Россией. Трудовые мигранты из Центральной Азии относительно легко интегрируются в российскую этнокультурную среду. У них нет больших проблем с адаптацией, поскольку большинство из них неплохо знает или довольно быстро осваивает русский язык.

Согласно исследованию Всемирного банка, Россия вышла на второе место в мире по числу прибывающих мигрантов (после США). В ближайшее время поток иностранной рабочей силы будет нарастать. По мнению специалистов Всемирного банка, Россия как принимающая страна уже получила большой эффект от массового, дешевого труда мигрантов. Благодаря мигрантам в России было меньше банкротств предприятий, развивались новые виды бизнеса, был простимулирован рост инвестиций в строительство. В то же время миграция создает определенные проблемы. Нелегальная миграция приводит к росту преступности и является «питательной почвой» для коррупции. Настоящей проблемой для властей является неуплата нелегальными мигрантами налогов и неучтенные денежные переводы мигрантов. Тем не менее, по мнению

<sup>15</sup> Ходов Л.Г. Экономика международной миграции самодостаточного населения (мировой и российский аспекты): учебное пособие. М., 2001. С. 46.

<sup>16</sup> Миграция и безопасность в России. М., 2000. С. 104.

<sup>17</sup> Рыбаковский Л.Л. Концепция демографической политики: (методологические вопросы). М., 2002. С.25.

<sup>18</sup> Миграция и безопасность в России. М., 2000. С. 105.



специалистов Всемирного банка, для России в притоке трудовых мигрантов больше положительных сторон, чем негативных<sup>19</sup>.

Рассматривая перспективы роста потоков трудовой миграции из Центральной Азии в Россию, многие российские специалисты указывают на возможные демографические и временные ограничения. По их мнению, даже при «плохом сценарии», объем трудовой миграции из Центрально-азиатского региона в среднесрочной перспективе, «вряд ли сможет превысить уровень в 5 млн. человек. Для России это количество не создает критической массы на рынках занятости, товаров и услуг, а для Центрально-азиатского региона означает значительное снижение популяционной перегрузки и трудоизбыточности»<sup>20</sup>. Значительную часть платежного баланса стран Центральной Азии составляют денежные переводы трудовых мигрантов из России. В России эти денежные трансферты часто оценивают как угрозу экономической безопасности. «Но можно взглянуть на эти трансферты и с других позиций. Они вносят серьезный вклад в сохранение относительно стабильной обстановки на границах России. Стабильность – это тоже серьезный ресурс, за который обычно приходится платить»<sup>21</sup>.

Для стран Центральной Азии негативная сторона отъезда коренного населения за рубеж выражается в следующем:

1. Уехавшие граждане производят валовой внутренний продукт в принявшем их государстве, они увеличивают национальное богатство принимающей страны. Зарабатывая деньги за границей, эмигранты значительную часть этих средств там же и тратят.

2. Из стран региона уходит лучшая, наиболее конкурентоспособная и предприимчивая часть населения, ослабляя тем самым национальные экономики, уменьшается слой трудоспособного населения. Постоянный отток до половины мужского населения Таджикистана и около трети мужского населения Кыргызстана блокирует возрождение и функционирование реального производственного сектора экономики.

3. Массовый отъезд молодых людей может отрицательно повлиять на демографическую ситуацию в странах Центральной Азии, на внутрисемейные отношения, преемственность национальных традиций. «Массированный выброс из общества наименее консервативной, молодой, малообразованной, мобильной его части приводит к заметной архаизации общества. Масштабная миграция меняет поведение больших социальных групп, формирует новый стиль жизни, модели поведения, нормы и ценности»<sup>22</sup>. Изменения, происходящие в мигрантской среде, затем распространяются на все общество.

4. Объёмы денежных переводов и капиталов от мигрантов очень трудно определять и прогнозировать. Чем больше живут мигранты за рубежом, тем меньше становятся их денежные переводы, постепенно ослабляются связи с родиной.

Среди положительных сторон современной трудовой миграции коренного населения стран ЦА можно выделить следующие:

1. Выезд трудовых мигрантов содействует решению проблемы избытка рабочей силы в республиках ЦА. Например, на 1 января 2001 г. в Кыргызстане предложение рабочей силы превышало спрос в 40 раз<sup>23</sup>. Трудовая миграция приводит к сокращению уровня безработицы, происходит сокращение расходов на социальные пособия, переобучение безработных, организацию для них общественных работ, помощь их семьям.

---

<sup>19</sup> Миграция и денежные поступления от работающих за границей граждан. Восточная Европа и бывший Советский Союз. Вашингтон, 2007. С. 19.

<sup>20</sup> Боришполец К., Бабаджанов А. Миграционные риски стран Центральной Азии / К. Боришполец, А. Бабаджанов // Аналитические записки МГИМО (У) МИД России. М., 2007. Вып. 2 (22). С. 7.

<sup>21</sup> Зайончковская Ж.А. Трудовая миграция в Россию / Ж.А. Зайончковская // Отечественные записки. 2003. № 3. С. 186.

<sup>22</sup> Олимова С., Боск, И. Трудовая миграция из Таджикистана / С. Олимова, И. Боск. Душанбе, 2003. С. 102.

<sup>23</sup> Национальная стратегия сокращения бедности до 2003 г. Бишкек, 2001. С. 42.



2. Работая за границей, трудовые мигранты повышают свою квалификацию, они приобретают новые производственные и организационные навыки. Этот момент имеет особую актуальность для стран ЦА, так как значительная часть населения титульных национальностей имеет низкий квалификационный уровень. Находясь в стране, обладающей более передовыми технологиями, более высокими требованиями, трудовыми стандартами, мигранты из ЦА повышают свой общеобразовательный и культурный уровень. Мигранты расширяют личные связи с партнёрами из других государств. Мигранты набирают ценный опыт и знания, которые пригодятся им на родине.

3. Работая за границей, мигранты накапливают стартовый капитал для создания малых и средних предприятий после возвращения. Таким образом, происходит содействие формированию среднего класса. Денежные переводы трудовых мигрантов являются значительным источником иностранной валюты. Доходы трудовых мигрантов повышают уровень жизни населения, улучшают платёжные балансы стран ЦА. При возвращении на родину трудовые мигранты привозят с собой ценности и сбережения. Величина этих ценностей и сбережений позволяет удвоить сумму переводов при расчёте реальных поступлений в национальный доход страны-экспортёра рабочей силы<sup>24</sup>. Денежные переводы мигрантов повышают внутренний спрос на родине и тем самым стимулируют рост производства и занятости. За счёт переводов происходит ощутимый рост уровня жизни если не всего общества, то хотя бы некоторой его части. По данным исследования Всемирного банка, денежные переводы трудовых мигрантов как доля платёжного баланса составляют до 30% ВВП в Таджикистане и почти 10% ВВП в Кыргызстане<sup>25</sup>. По мнению некоторых экспертов, объёмы эмигрантских денежных переводов вполне сопоставимы с государственными бюджетами стран ЦА. В Таджикистане «денежные переводы превосходят более чем в 3,4 раза объёмы бюджетных расходов»<sup>26</sup>. По расчетам специалистов, ежегодный приток денежных переводов трудовых мигрантов в Кыргызстан в 2002-2003 годах составил более 500 млн. долларов США, что равнялось 27% ВВП республики. Это цифра намного превышала ежегодные объёмы иностранной помощи и инвестиций<sup>27</sup>. Экономический эффект внешней трудовой миграции населения Узбекистана оценивается в сумме около 500 млн. долл. США<sup>28</sup>. В результате того, что граждане стран ЦА в течение длительного времени находятся в России и других странах, происходит углубление, расширение торгово-экономических связей стран региона с этими странами, устанавливаются деловые контакты, возникают различные виды совместных предприятий, увеличивается товарооборот между странами.

Согласно зарубежным демографическим прогнозам, в среднесрочной перспективе население стран Центральной Азии будет существенно расти. По некоторым расчетам, для обеспечения растущего населения на уровне существующих норм общественного потребления в ближайшие 7-10 лет необходимо как минимум удвоение ВВП<sup>29</sup>. Только при таком экономическом рывке массовые слои населения смогут ощутить заметное улучшение условий жизни и реализовать свой потенциал в пределах своих государств. В силу ряда объективных и субъективных причин в странах ЦА проводимые

<sup>24</sup> Международная миграция населения: Россия и современный мир. М., 1999. С. 69.

<sup>25</sup> Сегни К., Куиллин Б. Денежные переводы в странах СНГ. Исследование выборочных коридоров отправки и получения // Всемирный банк. Регион Европы и Центральной Азии. Серия региональных публикаций. 2007. Т. 2. №2. С. 4.

<sup>26</sup> Умаров Х. Внешняя трудовая миграция в Таджикистане // Перспективы миграции. Восточная Европа и Центральная Азия. Планирование и управление трудовой миграцией. Вена, 2006. С. 114.

<sup>27</sup> Оценка переводов, работающих за границей трудовых мигрантов. Бишкек, 2005. С. 5.

<sup>28</sup> Максакова Л. Феминизация трудовой миграции населения Узбекистана // Перспективы миграции. Восточная Европа и Центральная Азия. Планирование и управление трудовой миграцией. Вена, 2006. С. 161.

<sup>29</sup> Боришполец К., Бабаджанов А. Миграционные риски стран Центральной Азии // Аналитические записки МГИМО (У) МИД России. М., 2007. Вып.2 (22). С. 9.



социально-экономические реформы пока не привели к заметному повышению уровня жизни населения. Продолжается процесс сокращения потенциала стран региона по такому глобальному показателю, как индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП), определяемого ООН. Основная причина такого снижения – сокращение доходов населения региона. Меры правительств стран ЦА по подъему экономического производства, программы по поддержке малого и среднего предпринимательства, по борьбе с бедностью пока не дают ощутимых результатов из-за несовершенства нормативно-правовой базы, отсутствия координации в действиях государственных органов управления, коррумпированности государственных служащих на всех уровнях, низкой квалификации местных трудовых ресурсов.

В настоящее время для стран региона реальная возможность улучшить материальное положение сотен тысяч человек, пополнить бюджеты, решить многие социальные проблемы имеется за счет экспорта рабочей силы. Опыт многих стран показывает реальные возможности трудовых мигрантов для улучшения экономического положения страны, повышения уровня жизни значительной части населения. Трудовая миграция населения – реальный способ избежать социального взрыва из-за обнищания населения. Внешняя трудовая миграция пока остается единственно возможным решением проблемы хронической трудоизбыточности стран Центральной Азии.

Таким образом, трудовая миграция имеет множество как положительных, так и отрицательных последствий. Массовая трудовая миграция снижает напряженность на национальных рынках труда стран Центральной Азии. Денежные переводы трудовых мигрантов являются значительным источником иностранной валюты. Доходы трудовых мигрантов повышают уровень жизни населения, улучшают платёжные балансы стран ЦА. В то же время, из стран региона уходит лучшая, наиболее конкурентоспособная и предприимчивая часть населения, ослабляя тем самым национальные экономики, уменьшается слой трудоспособного населения. Тем не менее, современная внешняя трудовая миграция в целом выгодна странам Центральной Азии, она пока остается единственно возможным решением многих острых социально-экономических проблем стран Центральной Азии.

Россия переживает демографический кризис, ее население сокращается. При этом Россия имеет огромные слабозаселенные территории с большими природными богатствами. Для их освоения нужен приток населения. Для России предпочтительны мигранты из стран СНГ, основная часть которых сосредоточена в странах Центральной Азии. Приток трудовых мигрантов из стран Центральной Азии не противоречит интересам России, так как в экономику страны вливается дешевая рабочая сила. Мигранты из Центральной Азии более предпочтительны, исходя из геополитических соображений, так как страны регионов не имеют общей границы с Россией. Трудовые мигранты из Центральной Азии относительно легко интегрируются в российскую этнокультурную среду. За счет мигрантов решаются и демографические проблемы. В то же время нелегальная трудовая миграция приводит к росту преступности, коррупции. Большой проблемой является неуплата нелегальными мигрантами налогов и неучтенные денежные переводы трудовых мигрантов. В целом для России в притоке трудовых мигрантов из Центральной Азии больше положительных сторон, чем отрицательных.

В будущем изучение миграции, в том числе трудовой, весьма актуально, т.к. происходит изменение этнического и генетического облика населения Центральной Азии и России. В России образуются этнические диаспоры из лиц титульных национальностей стран Центральной Азии. Демографические, миграционные процессы в Центральной Азии, в странах СНГ становятся важнейшим фактором геополитического равновесия на всем Евразийском континенте. Эти процессы ведут к неоднозначным, противоречивым последствиям, которые требуют глубокого изучения с целью прогнозирования будущих геополитических тенденций и изменений на территории бывшего Советского Союза.



## CONTEMPORARY LABOR MIGRATION OF THE POPULATION OF CENTRAL ASIA

In this paper the social-economic consequences of external labor migration of the population of Central Asia are viewed. Consequences are considered as for Tajikistan, Kyrgyzstan, Uzbekistan (donor– countries), so for Russia (main recipient-country). Labor migration gives a real opportunity to the hundred thousands of citizens to better their welfare standards.

Russian specialists mark a range of affirmative consequences of Central Asian migrant's arrival to Russia for earning money. (elimination of labor force deficit, increase of economic indexes in many spheres of economy) But, most of the experts consider, that migration flow for Russia effects rather negatively. (low – qualified migrants, worsen of criminal situation, migrants are occupied in informal shadow spheres of economy.) The author emphasizes, that migrants from Central Asia are preferable for Russia. Russia gets law-abiding, cheap man power.

Key words: external labor migration, social-economic consequences, labor migrant, international migration, Central Asia, Russia.

U.J. ERGESHBAEV

*Osh State University*

*e-mail: uranbek65@mail.ru*

---

# ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ

---

УДК 657.1

## СОЗДАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ БУХГАЛТЕРСКОГО И НАЛОГОВОГО УЧЕТА НА РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

**Л.А. ЗИМАКОВА**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: zimakova@bsu.edu.ru*

На основе имеющегося международного и отечественного опыта организации бухгалтерского учета авторами разработана и предлагается к использованию на отечественных предприятиях модель интегрированной системы учета. Она основана на допущении отличий в нормах налогового и финансового учета и их отражении через отдельную группу счетов и субсчетов структурированного рабочего плана счетов предприятий. Модель включает 5 блоков: налог на прибыль, налог на имущество, местные налоги и сборы, налоги и сборы субъектов федерации, федеральные налоги и сборы. Интегрированная система позволяет оперативно получать информацию с заданными характеристиками и контролировать связь бухгалтерских и налоговых данных.

Ключевые слова: финансовый учет, налоговый учет, интеграция, счета, субсчета.

---

Бухгалтерский учет является важнейшим информационным источником, характеризующим деятельность компании, ее состояние, возможности и перспективы развития. Хотя задача учета состоит в объективном отражении реальных хозяйственных операций, но, в зависимости от норм и правил учета, операции и события могут отражаться под определенным углом зрения.

Особенности законодательства и условия хозяйствования предопределили необходимость ведения нескольких видов учета в компаниях. Если бухгалтерский учет существует более 6000 лет, то налоговый учет – это относительно новое направление. Он возник в начале XX века, когда рост расходов, связанных с ведением Первой мировой войны, заставил правительства стран-участниц военных действий искать дополнительные источники финансирования и вводить налоги на доходы предприятий. С этого момента государство в лице налоговых органов начало интересоваться источниками информации о финансах предприятия, то есть бухгалтерским учётом. Таким образом, бухгалтерский учёт, изначально не предназначенный для целей налогообложения, стал выполнять несвойственные ему функции<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Аналитический доклад национальной организации по стандартам финансовой отчетности «Налоговые последствия перехода на МСФО» [электронный ресурс]. – [http://www.gaap.ru/biblio/gaap-ias/compare\\_rus2/091.asp](http://www.gaap.ru/biblio/gaap-ias/compare_rus2/091.asp).



Исследуя данную проблему, Ж. Ришар выделил три периода становления фискального (налогового) учета во Франции:

- динамический, когда налоговый учет находился в тени динамического учета (1925);

- вынужденного отдаления, когда появились различия налоговых правил и динамического учета (1920-1958);

- сепаратистский период, когда налоговая система стала полностью самостоятельным инструментом экономической политики государства (1958 – наст. время)<sup>2</sup>.

Изучив развитие взаимоотношений государства и предприятий в России, можно выделить следующие этапы становления налогового учета:

- «единство» (до 1998 г.), когда действовали общие нормативные документы, регулирующие порядок бухгалтерского учета и определения объекта налогообложения. Хотя в 1991 г. был принят ФЗ «Об основах налоговой системы в Российской Федерации», он не предполагал разделения налогового и бухгалтерского учета; для этого периода также свойственно отсутствие понятийного аппарата налогового учета;

- переходный период (1998-2002 гг.); для этого этапа характерно вступление в силу Налогового Кодекса и начало формирования понятийного аппарата налогового учета, появление небольших различий между данными бухгалтерского учета и объектами налогообложения; при этом большинство бухгалтеров вводили дополнительные субсчета для отражения расходов, не уменьшающих налогооблагаемую базу, определить объект налогообложения можно было путем корректировки данных бухгалтерского учета;

- «отдаление» (2002 г. – настоящее время); принят Федеральный Закон от 6 августа 2001 г. N 110-ФЗ и вводится в действие 25 глава Налогового Кодекса, в которой определена необходимость ведения налогового учета, выходит Информационное сообщение МНС РФ от 19 декабря 2001 г. «Система налогового учета, рекомендуемая МНС России для исчисления прибыли в соответствии с нормами главы 25 Налогового Кодекса Российской Федерации», где приводятся регистры налогового учета, законодательное закрепление необходимости обособленного ведения налогового учета.

Хотя налоговые правила должны оказывать влияние только на налоговый учет, но фактически они влияют на всю систему бухгалтерского учета. В различных странах уровень влияния разный.

Так, для стран общего права (США, Великобритания и др.) свойственно осуществление финансирования и развитие предприятий за счет других организаций, выступающих в качестве инвесторов (источник и получатель инвестиций могут не вступать в контакт, а потенциальный инвестор при осуществлении выбора опирается только на информацию, содержащуюся в финансовой отчетности), поэтому в этих странах правила учета диспозитивны<sup>3</sup>. Налоговый и бухгалтерский учет чаще всего ведутся обособленно и различными подразделениями. При разработке правил бухгалтерского учета активное участие принимают негосударственные органы. Налоговый учет представляет собой самостоятельную систему.

Концепция системы общего права предполагает, что взаимосвязь бухгалтерского учёта с налоговым должна носить односторонний характер. Правила составления финансовой отчётности могут использоваться в целях налогообложения, но не наоборот. Таким образом, обеспечивается представление показателей финансовой отчетности в неискаженном виде.

Для стран кодифицированного права (Западная Европа) характерно установление высокого уровня взаимосвязи бухгалтерского и налогового законодательства. Во многих странах Европейского Союза, включая Францию, Германию, Италию и Бельгию, в бухгалтерской отчетности расходы отражают в той сумме, в которой они принимаются для налоговых расчетов. Тесная взаимосвязь налогового и бухгалтерского

<sup>2</sup> Ришар Ж. Бухгалтерский учет: теория и практика / Под ред. Я.В. Соколова. М., 2000. С. 96-97.

<sup>3</sup> Диспозитивные нормы – это нормы, которые не дают возможности выбора.

законодательства объясняется тем, что основными источниками финансирования в данных странах являются банки и государство (представители инвестора вступают в непосредственный контакт с получателем средств и могут получать необходимый объем дополнительной информации). При этом наблюдается постепенное доминирование налогового права над бухгалтерским.

Таблица 1

**Сравнительная характеристика налогового и финансового учета  
в различных странах**

Область сравнения	Страны общего права	Страны кодифицированного права
Основная цель	Реальное отражение финансового состояния и результатов деятельности	Отражение данных, позволяющих минимизировать налоги
Взаимосвязь налогового и бухгалтерского законодательства	Налоговое и бухгалтерское законодательство существуют параллельно	Налоговое право доминирует над бухгалтерским
Затраты на ведение учета	Большие, так как два вида учета ведутся разными подразделениями	Не очень большие, учет ведется в единой системе
Качество информации, содержащейся в финансовой отчетности	Высокое, содержится информация, характеризующая реальное состояние компании	Невысокое, так как информация формируется с учетом налоговых требований
Уровень сложности	Высокий, существует необходимость расчета отложенных налогов; трудность проверки финансовой отчетности, так как используются профессиональные суждения и оценка вероятности будущих событий	Низкий, отсутствие необходимости расчета отложенных налогов; возможность проверки (проверка выполнения норм законодательства)

На наш взгляд, использование интегрированной системы финансового и налогового учета позволяет сохранять свои приоритеты для каждого вида учета, формировать информационные базы для составления финансовой и налоговой отчетности, затраты времени при этом сокращаются, и данная система является оптимальным вариантом организации учетного процесса в рамках интернациональных систем учета.

Разработанная модель интегрированной системы финансового и налогового учета основана на использовании всеобъемлющей информационной базы интегрированного учета, в которую включаются: единая первичная документация, структурированные рабочие планы счетов, система субсчетов для учета отклонений в финансовом и налоговом учете, положения по бухгалтерскому учету, налоговое законодательство.

Объектом налогообложения и финансового учета являются хозяйственные операции, которые должны находить отражение в первичных документах. Неправильное оформление первичных документов делает невозможным отражение информации на счетах обоих видов учета, следовательно, наиболее эффективно единожды отражать в системе учета первичные документы, а затем данные этих документов следует сгруппировать по системам учета.

Интеграция двух видов учета достижима только в том случае, если используются структурированные рабочие планы счетов, отражающие отраслевые, организационные, налоговые и другие особенности предприятия. Использование модульного принципа построения плана счетов делает их более мобильными и информационно значимыми.

Можно добиться взаимосвязи налогового и бухгалтерского учета на уровне нормативного регулирования. В данном вопросе могут быть представлены два направления:



первое – это сближение налогового кодекса и документов, регулирующих ведение учета;

второе – сближение положений учетной политики налогового и финансового учета.

Исходя из того, что бухгалтерам-практикам сложно вести обособлено налоговый и финансовый учет, а это сегодня наиболее распространено, они все чаще говорят о необходимости гармонизации нормативных актов налогового и финансового учета. Гармонизация может быть достигнута путем ввода в налоговое законодательство большего количества недетерминированных норм<sup>4</sup>, то есть у налогоплательщика должен быть выбор.

Введение большого количества недетерминированных норм будет способствовать вуалированию различий в методологических основах бухгалтерского и налогового учета, что позволит бороться с психологической проблемой, которая возникает вследствие того, что многие компании по данным бухгалтерской отчетности убыточны, по данным налоговой отчетности – являются плательщиками налога на прибыль, или же компания прибыльна, но денег у компании нет.

Ярким примером является законодательство скандинавских стран. Для развития рынка долгосрочного ссудного капитала в этих странах налоговые правила были изменены, что позволило производить оценку активов по самой низкой шкале, одновременно с этим была введена и высокая оценка активов, таким образом, фирмы могли самостоятельно выбирать удобные для себя нормы. Были введены и другие нормы, которые позволили компаниям, которые расширялись и вкладывали свой капитал в развитие, уменьшать налоговые платежи. В скандинавских странах проходили налоговые реформы в конце 1980-х – начале 1990-х гг.<sup>5</sup>

Первое направление очевидно недостижимо для России, так как:

– налоговые органы, разрабатывая законодательные акты, стремятся достичь основной цели – собираемости налогов, позволяющей удовлетворять потребности государства, а законы, регулирующие ведение учета, направлены на достижение цели формирования объективной информации финансовой отчетности, отвечающей различным требованиям внешних пользователей;

– неразвитая бизнес-культура порождает постоянное и масштабное уклонение от налогов и пренебрежение правилами бухгалтерского учета.

Налогового и финансовое законодательство предоставляет фирмам право выбора по отдельным вопросам организации учета, следовательно, возможно достижение сближения путем выбора одинаковых норм учета.

Большинство мелких европейских фирм при формировании учетной политики по финансовому учету опираются на действующее налоговое законодательство и не допускают противоречий между налоговым и финансовым учетом, что позволяет вести учет на единых счетах.

Таким образом, стирание граней между положениями по бухгалтерскому учету и налоговым законодательством позволит объединить два вида учета в один, но качество информации единого учета будет низким. Поэтому предлагаемая модель интегрированной системы финансового и налогового учета базируется на выделении отличий в нормах налогового и финансового законодательства. Она представлена следующими основными блоками:

I блок – «Налог на прибыль».

Налог на прибыль имеет важное значение как для налоговых органов, так и для собственников. Собственники его контролируют потому, что он уплачивается из зара-

<sup>4</sup> Под недетерминированной нормой понимается норма, которая не следует с однозначностью.

<sup>5</sup> Walton P., Haller A., Raffournier B. International Accounting. Thomson. London, 2003. P. 308.

ботанной прибыли компании и уменьшает суммы, подлежащие распределению. Стандарты бухгалтерского учета отличаются от правил налогового учета, поэтому прибыль, отраженная в отчете о прибылях и убытках, не совпадает с прибылью, показываемой как налогооблагаемая база в налоговой декларации по налогу на прибыль.

Можно выделить четыре варианта взаимосвязи учетной системы налогового и бухгалтерского учета.

1. В основе этого варианта лежит создание независимой системы налогового учёта (см. рис. 1), ведение которой возлагается на налогоплательщика (свойственно для стран англо-американской правовой системы).

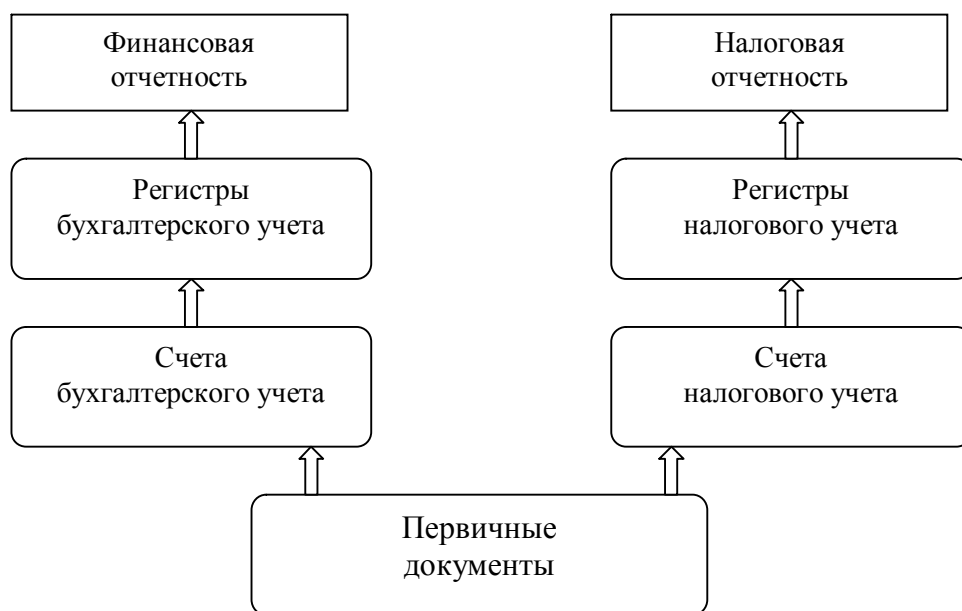


Рис. 1. Метод параллельного ведения учета

Противоречивая система взаимоотношений бухгалтерского учета и налогообложения зачастую приводит к невостребованности информации со стороны пользователей и одновременно – недостатку информации, которая является необходимой. Для бухгалтеров и других практических работников основным пользователем финансовой отчетности являются налоговые органы, что отрицательным образом сказывается на достоверности и нейтральности отражаемых показателей. Именно поэтому бухгалтера отрицательно относятся к нововведениям, все более разделяющим налоговый и финансовый учет.

2. Формирование системы налогового учёта внутри бухгалтерского учета с помощью трансформации элементов существующей системы учёта в целях удовлетворения требований налогообложения (см. рис.2).

Второй вариант – это компромисс между первым и третьим. Он предполагает возможность корректировки данных финансового учета для составления налоговых деклараций и определения налогооблагаемой базы. Ряд компаний Франции используют таблицы, заполнив которые на основании данных бухгалтерского учета, получаешь налогооблагаемую базу. В Бельгии представители налоговых органов могут самостоятельно корректировать данные финансовой отчетности в целях правильного определения объекта налогообложения.

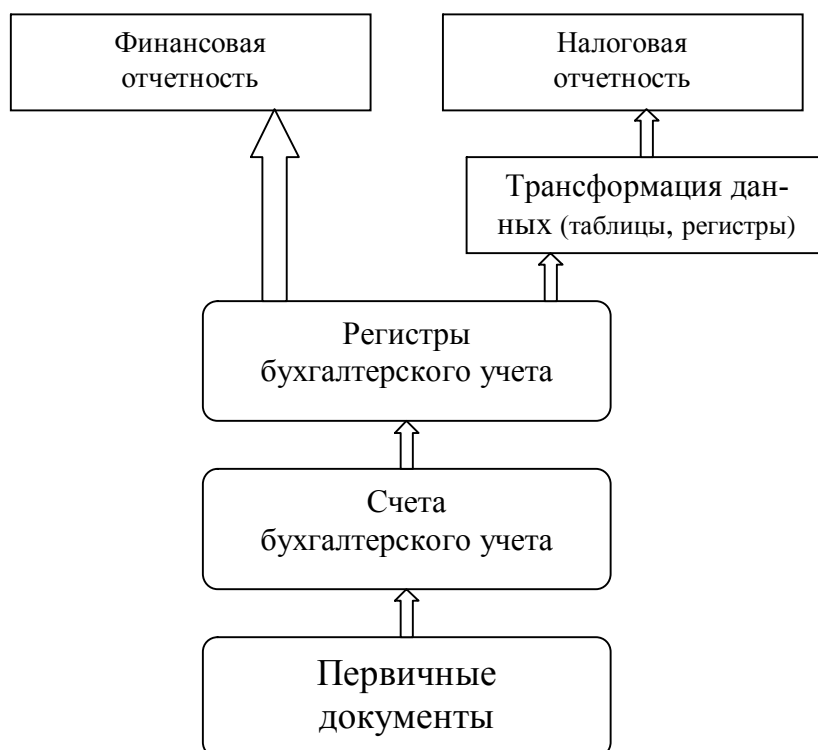


Рис. 2. Метод трансформации данных бухгалтерского учета для налоговой отчетности

3. Использование в целях налогообложения результатов уже существующего бухгалтерского учёта в неизменном виде.

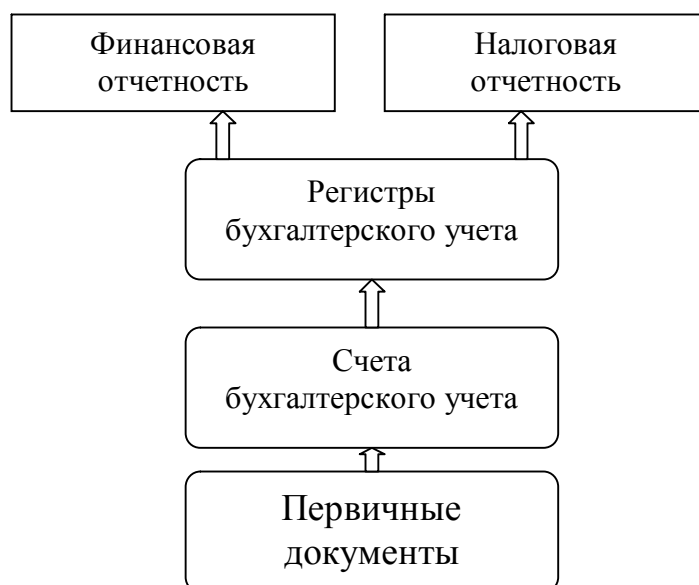


Рис. 3. Метод трансляции (передачи) данных из бухгалтерского учета в налоговый учет

Практическое применение третьего метода допускает параллельное использование налоговой и бухгалтерской учетных политик, но при этом необходимо максимальное их сходство, допускается использование дополнительных учетных регистров,



позволяющих расшифровать некоторые показатели для составления налоговой отчетности. Преимуществом данного метода является простота (прибыль, отраженная в бухгалтерской отчетности, будет совпадать с налогооблагаемой базой по налогу на прибыль), экономия на учетных записях. Данный вариант лучший, но он приемлем для мелких и средних компаний. Следует также учесть, что предприниматель всегда при предоставлении ему выбора будет стремиться к минимизации налогов, и финансовая отчетность, составленная на основе такой информации, не будет отвечать требованиям ни инвесторов, ни налоговых органов. Для поддержания баланса публичных и частных интересов потребуются вводить государственное правовое регулирование.

#### 4. Использование счетов для интеграции учета.

Достичь положительного эффекта можно путем обособленного учета доходов и расходов, то есть выделить в плане счетов отдельный модуль счетов для учета доходов и расходов и ввести счета, позволяющие корректировать данные финансового учета. Российское законодательство проводит ряд мероприятий, направленных на гармонизацию налогового и бухгалтерского учета. Одним из таких мероприятий является разработка и утверждение ПБУ 18/02 «Учет расчетов по налогу на прибыль». Оно позволяет рассчитать сумму налога на прибыль, исходя из данных бухгалтерского учета, определить размеры и раскрыть в отчетности информацию о суммах, которые смогут в последующих периодах повлиять на прибыль. Однако существует сложность при определении налогооблагаемой прибыли и отражении данных на счетах учета. С точки зрения автора, эта сложность связана с проблемами несовершенства плана счетов. Так, введены счета, позволяющие использовать данные бухгалтерского учета для определения объекта налогообложения по налогу на прибыль, 09 «Отложенные налоговые активы» и 77 «Отложенные налоговые обязательства», но количество таких счетов следует расширить.

Использование многозначной кодировки счетов бухгалтерского учета позволяет расширить возможности учетной системы.

Налогоплательщики используют налоговый эффект для регулирования налогооблагаемой базы. В большинстве случаев прибыль по данным бухучета больше прибыли по данным налоговых деклараций. Отличия могут возникать по каждому из элементов доходов и расходов, при этом, даже если они отражаются в качестве отложенных налоговых активов и обязательств, необходимо осуществлять контроль за тем, из чего они сложились. Все это предопределило необходимость дублирования активов и обязательств в системе налогового учета.

Предлагается выделить синтетические счета, на которых содержится важная информация для обеих систем учета. Это, прежде всего, счета учета затрат по элементам, счета остатков производственных ресурсов, счета финансовых результатов:

- 1) бухгалтерские счета;
- 2) субсчета первого порядка финансового учета;
- 3) субсчета первого порядка налогового учета.

Анализ налогового законодательства показал, что для многих стран система налогового учета является обязательной, но организуется налогоплательщиком самостоятельно. Налогоплательщик выбирает собственные варианты ведения налогового учета, конечная цель которого – определение налоговой базы. Российское законодательство (гл. 25 НК РФ) определяет, что для ведения налогового учета налогоплательщик вправе:

- использовать регистры бухгалтерского финансового учета (в случае достаточности информации финансового учета для целей ведения налогового учета);
- самостоятельно дополнять применяемые регистры бухгалтерского финансового учета дополнительными реквизитами, формируя тем самым регистры налогового учета;
- вести самостоятельные регистры налогового учета;
- применять законодательно рекомендуемые регистры налогового учета.



Общая практика ведения финансового учета позволяет выделить от 5 до 200 элементов затрат.

В соответствии с действующим законодательством (статья 253), расходы, связанные с производством и реализацией включают:

- 1) расходы, связанные с изготовлением (производством), хранением и поставкой товаров, выполнением работ, оказанием услуг, приобретением и (или) реализацией товаров (работ, услуг, имущественных прав);
- 2) расходы на содержание и эксплуатацию, ремонт и техническое обслуживание основных средств и иного имущества, а также на поддержание их в исправном (актуальном) состоянии;
- 3) расходы на освоение природных ресурсов;
- 4) расходы на научные исследования и опытно-конструкторские разработки;
- 5) расходы на обязательное и добровольное страхование;
- 6) прочие расходы, связанные с производством и (или) реализацией.

Одновременно с этим эти расходы подразделяются по следующим укрупненным элементам: материальные расходы; расходы на оплату труда; суммы начисленной амортизации; прочие расходы.

Материальные расходы дополнительно разделяются на 7 видов; выделяют 25 видов выплат, включаемых в расходы на оплату труда; в составе прочих выделяется 49 видов расходов и выделяется 20 видов внереализационных расходов. Следовательно, количество элементов затрат для ведения налогового учета ограничено пунктами Налогового Кодекса РФ.

Счета и субсчета остатков производственных ресурсов используются при исчислении налога на прибыль, изменения этих остатков приводят к увеличению (уменьшению) налогооблагаемой базы. Общий принцип основан на выделении субсчетов второго порядка (табл. 2).

Таблица 2

### Общий принцип кодировки субсчетов второго порядка налогового учета

Номер синтетического бухгалтерского счета	Номер субсчета первого порядка налогового учета	Номер субсчета второго порядка налогового учета
39 «Остатки производственных ресурсов»	39-200 «Остатки производственных ресурсов, учитываемые при налогообложении»	39-210 «Материалы»
		39-220 «Незавершенное производство»
		39-230 «Товары»
		39-240 «Товары отгруженные»
		39-250 «Готовая продукция»
		39-260 «Расходы будущих периодов»
		39-270 «Резервы предстоящих расходов»

Алгоритм определения налогооблагаемой базы:

1. Доходы. Счет 90 предполагает ведение учета в разрезе видов деятельности.

Предлагаем выделять субсчета второго порядка к субсчету 90-200 «Продажи по видам деятельности для налогового учета» и 91-200 «Прочие доходы (расходы) для налогового учета». В Налоговом Кодексе РФ выделен 21 вид внереализационных доходов.

При заполнении некоторых деклараций необходимо делать ссылки на статьи Налогового Кодекса. Предлагаемая кодировка счетов упростит получение такой информации и заполнение деклараций.

Налоговый кодекс РФ допускает использование нескольких налоговых режимов, каждый из которых предполагает отличные от общего порядка положения по



признанию доходов и расходов. Поэтому на субсчетах налогового учета информация должна формироваться только с учетом применяемых налоговых режимов.

2. Себестоимость продаж для целей налогообложения. Расчет данного показателя будет основан на использовании информации по субсчетам:

30-200 «Материальные затраты» (30-210 «Сырье» (по видам), 30-220 «Основные материалы» (по видам), 30-230 «Вспомогательные материалы» (по видам) и т.п.);

31-200 «Оплата труда» (31-210 «Оплата труда по тарифным ставкам, окладам» (по категориям работников), 31-220 «Выплаты стимулирующего характера» (по видам) и т.п.);

32-200 «Отчисления на социальные нужды» (32-210 «Отчисления в фонд социального страхования», 32-220 «Отчисления в пенсионный фонд» (по видам отчислений) и т.п.);

33-200 «Амортизация» (33-210 «Амортизация имущества первой группы» (по видам имущества), 33-220 «Амортизация имущества второй группы» и т.п.);

34-200 «Прочие расходы» (34-210 «Налоги, сборы, таможенные пошлины» (по видам), 34-220 «Расходы на сертификацию» (по видам) и т.п.).

Прямые затраты уменьшают базу по налогу на прибыль не в полном объеме, а за минусом сумм, распределяемых на остатки незавершенного производства, готовой продукции на складе, отгруженной, но не реализованной продукции. Следовательно, при расчете себестоимости необходимо учесть данные по субсчетам остатков производственных ресурсов. Субсчета второго порядка будут формироваться в зависимости от видов расходов, определенных пунктами и подпунктами налогового законодательства.

3. Налоговый результат. Он определяется как сумма кредитовых оборотов по субсчету 90-200 и 91-200 за минусом фактической себестоимости продаж и внереализационных расходов. Таким образом, такая организация учета позволит быстро и качественно исчислять налогооблагаемую базу по налогу на прибыль, заполнять авансовые расчеты и налоговые декларации.

II блок – «Налог на имущество».

Особенностью исчисления данного налога является то, что при расчете налогооблагаемой базы используются данные финансового учета о наличии имущества. Следовательно, никаких дополнительных операций и выделения субсчетов не потребуется. Но расчеты по данному виду налога должны отражаться на отдельном субсчете к счету «Расчеты с бюджетом»

III блок – «Местные налоги и сборы».

К категории этих налогов относится земельный налог. При исчислении налогооблагаемой базы используется информация финансового учета об имеющихся у предприятия земельных участках. При этом используется информация государственного земельного кадастра.

IV блок – «Налоги и сборы субъектов федерации».

Среди этих налогов выделяется транспортный налог, налог на игорный бизнес. Для исчисления этих налогов достаточно информации, сформированной в рамках финансового учета.

Выделение блоков II, III, IV предполагает возможность возникновения различий в финансовом и налоговом учетах, в таких случаях предприятия смогут дополнить блоки необходимыми субсчетами второго и третьего порядка и это не нарушит общую схему ведения учета.

V блок – «Федеральные налоги и сборы»: налог на добавленную стоимость, акцизы, налог на доходы физических лиц, единый социальный налог.

Для определения налогооблагаемой базы по налогу на добавленную стоимость необходимо знать объем продукции (товаров, услуг), реализованных по каждой ставке НДС, и сумму НДС по ценностям (услугам), полученным предприятием в разрезе ставок налога (0, 10, 18 и льготируемые). Следовательно, необходимо ввести субсчета



третьего порядка, отражающие операции, облагаемые налогом на добавленную стоимость по каждой ставке:

90-200-01 – «Продажи по видам деятельности для налогового учета, облагаемые по ставке 0%»;

90-200-02 – «Продажи по видам деятельности для налогового учета, облагаемые по ставке 10%»;

90-200-03 – «Продажи по видам деятельности для налогового учета, облагаемые по ставке 18%»;

90-200-04 – «Продажи по видам деятельности для налогового учета, освобождаемые от налога»;

90-200-05 – «Продажи по видам деятельности для налогового учета, экспортные операции».

По аналогии необходимо открывать субсчета третьего порядка к субсчетам 91-200, 30-200, 34-200, 01-200.

На основе данных субсчетов будет осуществляться формирование книги покупок и продаж в разрезе налоговых ставок.

Особенностью акцизов является применение различных ставок и необходимость получения информации в натуральном выражении (литры, тонны, лошадиные силы), что требует введения отдельных регистров.

Для исчисления налога на доходы физических лиц (НДФЛ) достаточно информации финансового учета в разрезе видов начислений и сотрудников. Такой же информации достаточно для расчета единого социального налога.

Предлагаемая модель интегрированной системы учета позволяет оперативно единожды вводить исходную информацию, обрабатывать ее в различных системах и получать выходную информацию с заданными характеристиками. В частности, данные налогового учета дадут возможность определять налогооблагаемую базу в соответствии с действующим законодательством с учетом специфических особенностей компании. Одновременно с этим все данные будут находиться под контролем и сохранится возможность управления налогами.

## CREATING OF INTEGRATE SYSTEM OF ACCOUNTING AND TAX COUNT ON A RUSSIAN ENTERPRISE

The author has worked out and suggests using of the model of integrate count's system on the enterprises on the basis of international and Russian experience of the organizing of accounting. It is based on the difference in the norms of tax and financial account and their reflection through the separate group of counts and sub counts of structural working plan of enterprises' counts. The model includes 5 parts: tax on income, tax on property, local taxes and charges, taxes and charges of federation subjects, federal taxes and charges. Integrate system allows to get the information with given characteristics and to control the connection of accountant and tax basis in a very quick way.

L.A. ZIMAKOVA

*Belgorod State University*

*e-mail: zimakova@bsu.edu.ru*

Key words: financial account, tax count, integrate, counts, sub counts.

---

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

---

УДК 551.46

## ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ТОПОФУНКЦИЙ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

**Е.Г. ЖИЛЯКОВ<sup>1)</sup>**  
**Б.А. ТАТАРИНОВИЧ<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Белгородский  
государственный  
университет

e-mail: Zhilyakov@bsu.edu.ru

<sup>2)</sup> Харьковский национальный  
аграрный университет

Рассмотрены вопросы интерполяции пространственных функций от 2, 3 и  $n$  переменных градиентно-статистическим методом, способы и математические действия над топофункциями, применение топофункций для моделирования технических, технологических и экономических показателей в задачах управления территориями.

Ключевые слова: пространственно-нерегулярное расположение точек опробования, качественные показатели объекта, регулярная сеть геометризации пространственных показателей, плотность расположения узлов, триангуляция, градиентно-статистическая интерполяция, топофункция математические действия, топофункции, изменчивость.

---

### Введение

При решении задач организации и планирования сельскохозяйственного производства на земельных пространственных участках, а также задач землеустройства с использованием ГИС-технологий необходимо провести корректную постановку задачи, а именно, формализовать физический объект в математическую модель, в которой учитываемыми факторами будут геодезические координаты, показатели качества почв, содержание растительности и прочие.

В работах Лисицкого Д.В., Цветкова В.Я., Третьяка А.М. Бондаря А.Л., Даценка Л.М. [1-3] и других ученых ставятся задачи по созданию моделей геометризации технико-экономических показателей для планирования и управления территориями. Рассматриваемые модели являются линейными или эвристическими, в то время как реальное распределение технико-экономических показателей по пространству анализируемых территорий является более сложным и носит нелинейный и часто дискретный характер.

### Моделирование пространственной задачи управления

В данной работе решается задача поиска метода моделирования технических и экономических показателей, пространственно размещенных и достаточно адекватно описывающих реальное распределение. Это было реализовано путем построения пространственной сети, которая носит название сеть геометризации.

В настоящее время широко применяемые графические методы геометризации наглядно формализуют функцию размещения компонента в виде карт размещения показателя [4], линий показателя равных значений (изолиний) и прочее. В этих случаях для построения функции размещения используют эвристические (субъективные) приемы. Они основываются на получении дополнительных элементов построения.



При решении указанной задачи вычислительные и графические процессы на компьютерах в большинстве случаев повторяют действия проектировщиков, поэтому этот процесс построения функции размещения должен осуществляться с получением промежуточных элементов (точек, линий), которые в данном рассмотрении и понимаются как узлы формируемой сетки с задаваемой точностью, а процессами графического вывода можно пользоваться только по мере необходимости. Применение вычислительных процедур нахождения интегральных оценок и графических программ для вычерчивания линий одинаковых уровней показателя диктует применение регулярной сетки – такой, чтобы область между узлами образовывала прямоугольник, несмотря на то, что исходные точки, расположенные в характерных местах исследуемой территории, расположены как правило, не регулярно.

За степень нерегулярности расположения исходных точек принимается отношение  $R/r$  радиусов сферы ( $R$ ), которую можно вписать в самую большую из областей в сети опробования, и сферы ( $r$ ), которую можно поместить между наиболее близко расположенными исходными точками наблюдений.

В качестве регулярного расположения точек наблюдения предлагается применять их расположение в геополе [5] по какому-либо правилу (закону), например, расположение точек наблюдений в точках пересечения трех плоскостей, взятых из следующих совокупностей

$$\begin{array}{cccc} XOY & XZ_1Y & XZ_2Y & XZ_3Y \\ XOZ & XY_1Z & XY_2Z & XY_3Z \\ XOZ & YX_1Z & YX_2Z & YX_3Z \end{array}.$$

Для компактности эту запись можно изменить, отметив при этом, что плоскости заменяются парами осей, которые записываются значением координаты в точке пересечения на координатных осях  $OX, OY, OZ$ . В этом случае хранение и оперирование с координатами узлов сильно упрощается. Так, значение топофункции [1]  $F$  в координатах  $X_i, Y_j, Z_k$  запишется  $F_{ijk}$ , где  $i, j, k$  – номера осей сети.

Степень равномерности расположения осей узлов регулярной сетки измеряется тройкой чисел  $\rho_x, \rho_y, \rho_z$ , характеризующих степень равномерности по каждой оси  $OX, OY, OZ$ , соответственно

$$\rho_x = \frac{\Delta X_{\max}}{\Delta X_{\min}}; \quad \rho_y = \frac{\Delta Y_{\max}}{\Delta Y_{\min}}; \quad \rho_z = \frac{\Delta Z_{\max}}{\Delta Z_{\min}}$$

(здесь индексы «max» и «min» означают соответственно максимальный и минимальный шаги по осям  $OX, OY, OZ$ ).

Так если,  $\rho_x, \rho_y, \rho_z = 1$ , то соответствующая сеть точек наблюдений является равномерной и задавать такую сеть можно, указав начальную точку используемой системы координат  $X_o, Y_o, Z_o$  (т.е. условное начало координат исследуемой области), величины шагов  $S_x, S_y, S_z$  и количество шагов  $n_x, n_y, n_z$  по координатным осям.

Рассмотренные свойства расположения точек наблюдений присущи как сетям опробования (наблюдения), так и сеткам построений (моделирования). Взаимодействие этих двух видов сетей заключается в следующем. При наблюдении точки опробования стремятся располагать регулярно, исходя из стратегии разведки, но это не всегда можно осуществить, также дополнительно в процессе наблюдения меняется регулярность сети или берутся дополнительные точки. Координатную сеть для выполнения вычислительных и графических операций на объекте предполагается иметь равномерной. Допустим в результате поворота системы координат можно построить сетку, при которой максимальное число точек  $N_1$  совпало с  $M_1$  узлами сетки построений;

тогда оставшееся число точек будет равно  $N_2 = N - M_1$ , а число узлов –  $M_2 = M - M_1$ , где  $N$  и  $M$  соответственно количество узлов сети наблюдения и сетки построений. Чтобы не терять информативность об объекте, необходимо выполнить условие  $N_2 \leq M_2$ , а т.к.  $M_1 = N_1$ , то, следовательно,  $N \leq M$ , т.е. количество узлов сетки построений должно быть не меньше количества узлов сети опробования. Выбрать расположение  $M_2$  узлов можно по критерию минимума суммы расстояний от исходных точек до выбираемых узлов

$$\sum_{l=1}^{N_2} \sqrt{(X_i - X_l)^2 + (Y_j - Y_l)^2 + (Z_k - Z_l)^2} \rightarrow \min, \quad ijk = 1, M_2.$$

Очевидно, что эта оценка для  $N_1$  точек, совпавших с  $M_1$  точками (при условии, что совпадением будем называть бесконечно малое расстояние между точками), будет равна нулю.

Надо заметить, что условие ( $N_2 \leq M_2$ ) можно преднамеренно выполнить в случае, когда информация об объекте получена в избыточном количестве точек во всей области или на отдельных участках. В этом случае сеть формируется разреженной относительно сети опробования следующим образом:

1. Берется участок, где плотность точек наблюдения максимальная.
2. На этом участке строится сетка построений.
3. Вычисляются значения показателя в узлах сетки.
4. Сеть разрежается и, начиная с пункта 2, строится новая сетка построений и вычисляются значения в узлах.
5. Сетка разрежается до тех пор, пока значения в узлах разреженной сетки ( $A_p$ ) будут отклоняться от значений в узлах сетки при максимальной плотности ( $A_s$ ) не более, чем на величину принятой точности, которая вычисляется как абсолютная, относительная и среднеквадратическая погрешность ( $\Delta, p, \delta$ ).

$$\Delta \geq A_s - A_p; \quad p \geq \frac{\Delta}{A_s}; \quad \delta \geq \frac{\sqrt{\sum_i^N \Delta_i^2}}{N}.$$

Кроме того, для общей картины величины отклонений можно получить среднее отклонение для всей области, которое вычисляется как:

$$p_{cp} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M p_i.$$

Вышеописанным способом оценивается и выбирается сеть для создания моделей геометризаций.

Надо заметить, что задача аналитического моделирования топофункции заключается в том, чтобы по  $N$  реализациям топофункции  $F(X_i, Y_i, Z_i)$ , найти аналитическое выражение функциональной зависимости  $F = f(X, Y, Z)$ .

Простое решение вопроса построения аналитической модели распределения показателей в пространстве (или построение топографической поверхности) дает непосредственное обобщение линейной интерпретации при помощи определителя матричной записи коэффициентов линейной полной формы степенного многочлена.

С другой стороны линейно-кусочная интерполяция в трехмерном измерении для функции  $f(X, Y)$  хорошо известна геодезистам и получила название, отражающее способ ее реализации, – триангуляция. При этом методе исходные точки соединяются таким образом, чтобы пространство было заполнено треугольниками. Вершина каждого треугольника – исходная точка опробования с высотной отметкой. Через

три точки проводится плоскость, треугольный участок которой и есть поверхность между данными тремя точками.

Для общих задач распределения компонентов в пространстве получение характеристик показателя между исходными точками опробования с помощью линейной интерполяции имеет смысл рассматривать как 4-мерную задачу. В этом случае строится не поверхность, набранная из треугольников, а поле, образованное тетраэдрами, вершинами которых являются исходные точки, распределение показателя внутри такого тетраэдра линейно, данный процесс называют тетраэдризацией. Рассмотрим процесс триангуляции – тетраэдризации. Так как сетка строится, прежде всего, с целью получения цифровых моделей, то при задании узлов сети на плоскости или в пространстве необходимо найти значения показателя в этих узлах линейным интерполированием при помощи определителя:

$$\begin{vmatrix} f_1 & X_1 & Y_1 & Z_1 \\ f_2 & X_2 & Y_2 & Z_2 \\ f_3 & X_3 & Y_3 & Z_3 \\ f_4 & X_4 & Y_4 & Z_4 \end{vmatrix}.$$

В данном случае такая кусочно-линейная модель обладает громоздкостью, так как в алгоритме надо хранить и анализировать набор кусочно-линейных функций, число которых соответствует порядку исходных точек наблюдения. Поэтому в данной работе реализован градиентно-статистический метод. Рассмотрим способ построения сети геометризационно относительно точек наблюдения. При взаимном расположении точки и узла сети геометризационно возможны следующие случаи:

1. Исходная точка находится от узла не далее чем на  $E$  ( $E$  – величина погрешности измерения по направлениям  $OX, OY, OZ$ ).
2. Расстояние от исходной точки до узла сети  $r$  удовлетворяет условию  $E < r < R$ , где  $R$  – радиус области, в которой выполняется условие топографичности функций.
3. Исходная точка находится на расстоянии, превышающем  $R$ . Значения функции показателя для указанных случаев будут вычисляться следующим образом:
  - а) значение показателя в узле приравнивается к значению показателя в исходной точке;
  - б) значения показателя в узле устанавливается при решении модели геометризационно;
  - в) значения показателя в узле не присваивается, т.к. нарушается условие топографичности.

При построении модели геометризационно необходимо найти функциональную зависимость  $F(x, y, z)$ , которая совпадает со всеми исходными точками и одновременно дает значения показателя  $F_{ijk}(x_i, y_j, z_k)$  в каждом узле  $ijk$ .

Градиентный аспект метода заключается в том, что значения наблюдаемого показателя точек, попавших в окрестность, переносятся в рассматриваемую точку по градиенту этого показателя (в 2-мерном измерении по касательной плоскости в этой точке).

Для того, чтобы найти градиенты в каждой исходной точке, построим для этой точки некоторую окрестность. Допустим, в нее попала точка  $J$ . Тогда определим градиенты поля в рассматриваемой точке  $K$ , как частные производные по направлениям

$$\left( \frac{\partial F}{\partial x} \right)_{KJ} = \frac{\Delta F}{\Delta x}; \quad \left( \frac{\partial F}{\partial y} \right) = \frac{\Delta F}{\Delta y}; \quad \left( \frac{\partial F}{\partial z} \right) = \frac{\Delta F}{\Delta z}.$$

Просмотрев все  $L$  точек, попавших в  $R$  – окрестность, получим  $L$  частных производных по каждому направлению  $OX, OY, OZ$ . Поскольку идея метода статическая, то для этих градиентов надо найти среднее или средневзвешенное значение. Известно положение, что точки  $J$ , стоящие ближе к точке  $K$ , оказывают на неё большее действие. Если точка стоит на границе  $R$ -окрестности, то влияние её градиента должно быть



нулевое. Если же точка находится на бесконечно малом расстоянии от точки  $K$ , то градиент точки  $J$  приравнивается к градиенту точки  $K$ . Для получения средневзвешенного градиента, исходя из описанных условий, суммировать частные производные, получаемые от точки  $J$ , можно со следующим весовым коэффициентом

$$\frac{(R - r_j)}{\sum_{j=1}^L (R - r_j)}.$$

Тогда частная производная (например, по направлению  $OX$ ) от влияния всех  $L$  точек запишется в следующем виде

$$\left( \frac{\partial F}{\partial x} \right)_K = \sum_{j=1}^L \frac{\Delta F (R - r_j)}{\Delta x \sum_{j=1}^L (R - r_j)}.$$

Приведенный весовой коэффициент действительно удовлетворяет поставленным условиям:

1. На границе  $R$  области весовой коэффициент равен 0, т.к.  $r_j = R$  и  $R - r_j = 0$ .

2. На бесконечно малом расстоянии от точки  $K$  весовой коэффициент максимален и равен

$$\frac{R}{\sum_{j=1}^M (R - r_j)}, \quad \text{т.к. } r_j = 0.$$

3. Если точки  $J$  находятся на одинаковом расстоянии от точки  $K$ , то влияние на точку  $K$  от точек  $J$  одинаково и сумма весовых коэффициентов должна быть равна 1. Действительно,

$$\left( \frac{\partial F}{\partial x} \right) = \sum_{j=1}^L \frac{\Delta F (R - r_j)}{\Delta x \sum_{j=1}^L (R - r_j)} = \frac{\Delta F}{\Delta x} \cdot \frac{\sum_{j=1}^L (R - r_j)}{\sum_{j=1}^L (R - r_j)}.$$

Выше приведенный весовой коэффициент предполагает, что влияние каждой точки на рассматриваемую точку линейно, и тогда, значит, градиенты изменяются также линейно, что для физических объектов не характерно.

Если применить зависимость 2-й степени, то весовой коэффициент запишется в виде

$$\frac{(R - r_j)^2}{\sum_{j=1}^L (R - r_j)^2}$$

(легко заметить, что при одинаковом расстоянии точек от узла в числителе, так же как в знаменателе, появится сумма квадратов, что обратит весовой коэффициент в 1), тогда градиенты в точке  $K$  примут вид:

$$\left( \frac{\partial F}{\partial x} \right) = \sum_{j=1}^L \frac{\Delta F_j (R - r_j)^2}{\Delta x \sum_{j=1}^L (R - r_j)^2}; \quad \left( \frac{\partial F}{\partial y} \right) = \sum_{j=1}^L \frac{\Delta F_j (R - r_j)^2}{\Delta y \sum_{j=1}^L (R - r_j)^2}; \quad \left( \frac{\partial F}{\partial z} \right) = \sum_{j=1}^L \frac{\Delta F_j (R - r_j)^2}{\Delta z \sum_{j=1}^L (R - r_j)^2}.$$

Надо заметить, что и эти весовые коэффициенты будут удовлетворять перечисленным выше требованиям. Значение показателя в узле сети геометризации  $V$  будет складываться из значений  $M$  точек, попавших в  $R$ -окрестность. Значение показателей в  $i$ -точке ( $i=1, \dots, M$ ) будет переноситься в узел  $V$  по градиенту поля  $i$ -точке

$$F_{vi} = P_i + \left( \frac{\partial F}{\partial x} \right)_i \cdot (X_v - X_i) + \left( \frac{\partial F}{\partial y} \right)_i \cdot (Y_v - Y_i) + \left( \frac{\partial F}{\partial z} \right)_i \cdot (Z_v - Z_i).$$

Переносимые в узел значения необходимо суммировать с весовыми коэффици-

ентами. Чтобы не усложнять метод, возьмём весовые коэффициенты такими же, как и в случае нахождения градиентов. Тогда значение показателя в узле запишется:

$$F_V = \sum F_{Vi} \cdot \frac{(R - r_i)^2}{\sum (R - r_i)^2},$$

$$F_V = \sum_{i=1}^M \left[ P_i + \left( \frac{\partial F}{\partial x} \right)_i \cdot (X_V - X_i) + \left( \frac{\partial F}{\partial y} \right)_i \cdot (Y_V - Y_i) + \left( \frac{\partial F}{\partial z} \right)_i \cdot (Z_V - Z_i) \right] \cdot \frac{(R - r_i)^2}{\sum (R - r_i)^2}.$$

Поскольку метод градиентно-статистический, то величина  $R$ -связности существенно влияет на значения показателя в узлах сети геометризации. Так, если радиус велик и захватывает большое число исходных точек, то значения показателя усредняются между всеми значениями показателя исходных точек, попавших в  $R$ -область. Если  $R$  уменьшать, то возникает опасность, что ни одна точка не попадет в  $R$ -область и значение в узле будет равным нулю. Поэтому значение  $R$ -связности должно быть выбрано как некоторая оптимальная величина.

Первым правилом выбора радиуса связности может служить задание радиуса  $R$  в линейных единицах измерения, величиной, подобранной опытным путем. Для выполнения условия, чтобы выбранный радиус перекрывал любой участок исследуемой области для равномерной сети, он устанавливается равным

$$R = \frac{a \cdot \sqrt{2}}{2},$$

где  $a$  – шаг равномерной сети.

Для выполнения условия устранения взаимосвязи значений в соседних узлах (условие неперекрываемости) значение  $R$  выбирается равным

$$R = \frac{a}{2}.$$

При таком подходе остаются неохваченные участки, поэтому  $R$ -область топографичности в виде сферы для каждого узла нужно заменить на  $D$ -область в виде параллелепипеда ( $D=2R$ ), что сходно с точечной палеткой [4] и среднестатистическим окном размером  $D$ .

Вторым правилом выбора радиуса связности является нахождение расстояний от узлов сетки модели до ближайших исходных точек опробования и выбора из этих расстояний наибольшего. В этом случае в  $R$ -область любого узла сети попадает не менее одной исходной точки. Таким правилом, очевидно, нужно пользоваться, когда сетка разряжена по сравнению с сетью опробования.

Третьим правилом выбора радиуса связности будем считать переменное его значение, в случаях большой (более 8) неравномерности сети. В этом случае радиус выбирается, исходя из плотности исходных точек на данном участке, путем вычисления значения функции наблюдения по  $n$ -ближайшим точкам. В этом случае радиус связности выступает как аргумент от количества точек, которые должны попасть в его сферу. Представление топографической поверхности пространственно-аналитическими и цифровыми моделями со значениями в узлах сетки модели диктует применение аналитических и вычислительных методов. В зависимости от регулярности сети опробования действия над топофункциями могут производиться сразу или после некоторого преобразования, направленного на получение сетки модели, которое идет по следующей схеме: исходные точки – выявление сети опробования – построение сетки модели – нахождение значений в узлах – операции над топофункциями. Кроме того, на выбор преобразования топофункции влияет решение задачи. Так, если необходимо получить карты изолиний и разреза, то оперировать можно значениями топофункции в исходных точек. Если же необходимо находить интегральные оценки топофункции, то тогда необходимо создавать сетку геометризации. Имеется два дополнительных пути, применяемых в специальных случаях:

- 1) после действия над топофункциями создается сетка модели;



2) действия производятся над топофункциями как с сетью опробования, так и с сеткой модели.

При указанных способах преобразования топофункции необходимо оценивать точность, которая определяется на этапах получения значений показателя в узлах чертежей на графических автоматах.

В условиях развития геоинформационных систем возникает необходимость расширять их направленность не только на совершенствование функций визуализации, построений, конкретных оцениваний, представлений, но и на математические операции с топофункциями, которые описывают рельеф местности, принадлежность участков к категориям, показатели качества почв, различные технико-экономические показатели участков, содержание растительности и т.д.

Операции над топофункциями делятся на алгебраические: сложение, умножение, вычитание, деление, возведение в степень, и математического анализа: дифференцирование, интегрирование.

Указанные математические действия применяются для следующих целей:

1) сложение и вычитание – пересчет абсолютных значений в относительные и наоборот;

2) умножение и деление – масштабирование значений функции;

3) возведение в степень – нахождение квадратов отклонений;

4) дифференцирование – нахождение градиентов функции;

5) интегрирование – нахождение интегральных оценок.

Операция над двумя топофункциями  $F_1(X_i, Y_i, Z_i)$  и  $F_2(X_i, Y_i, Z_i)$ , представленными в узлах сети (опробования или построений), состоит в нахождении третьей топофункции  $F_3(X_i, Y_i, Z_i)$  по операциям:

$$1) F_3 = F_1 + F_2;$$

$$2) F_3 = F_1 - F_2;$$

$$3) F_3 = F_1 * F_2;$$

$$4) F_3 = F_1 / F_2;$$

$$5) F_3 = F_1 \uparrow n;$$

$$6) F_x = \frac{\partial F}{\partial X}; F_y = \frac{\partial F}{\partial Y}; F_z = \frac{\partial F}{\partial Z}; F_{xy} = \frac{\partial}{\partial X} \frac{\partial F}{\partial Y};$$

$$7) I_x = \int_{x_1}^{x_2} F(X) dX; I_{xyz} = \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \int_{z_1}^{z_2} F(XYZ) dXdYdZ.$$

Дифференцирование рассматривается как нахождение градиентов. Одновременное дифференцирование по 2-м или 3-м переменным, по процессу вычислений не отличается от вышеуказанной операции. Следует только указать, что дифференциал 1-й степени  $dF(X,Y,Z)$  используется для прогнозирования изменения характеристик поля и нахождения инвариантов 1-й степени (глобальных и локальных экстремумов по подобластям). Дифференциал второй степени  $d^2F(X,Y,Z)$  используется для нахождения инвариантных элементов поверхности (линии и поверхности перегибов топофункции).

Для получения интегральных оценок подсчета запасов взят способ, использующий объемную палетку, где значение точки – есть центр блока со своим средним значением, при этом математическое интегрирование заменяется на численное.

Геометрически-морфологическое прогнозирование в условиях цифровой модели геометризаци имеет лишь то различие, что геометрия морфологии не выражается в непрерывных линиях, а отображается дискретно в узлах сети. Среднеквадратическая ошибка отклонения реализации от построенной модели поверхности ищется посредством двух операций над топофункциями: вычитанием и возведением в степень.

Прогнозирование размещения компонента для пространственно-аналитических моделей заключается в следующем:

- 1) установление закономерности распределения компонента способом сглаживающих поверхностей при построении сферы (круга, окна) для цифровых моделей,
- 2) прогнозирование с помощью градиента поля заключается в нахождении градиентов функции по нужным направлениям и вычисление значения функции по значениям градиента

$$F_2(X, Y, Z) = F_1(X, Y, Z) + \Delta X \frac{\Delta F}{\Delta X} + \Delta Y \frac{\Delta F}{\Delta Y} + \Delta Z \frac{\Delta F}{\Delta Z}.$$

Коэффициент вариации для топофункции, заданной с помощью цифровой модели, вычисляется следующим образом

$$K_{\text{вар}} = \frac{\sum_{i=1}^N \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N F_i - F_j \right)^2}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N F_i} * 100\%,$$

где N – количество точек наблюдения.

Коэффициент изменчивости в этом случае вычисляется таким образом

$$K_{\text{изм}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \left| \frac{\partial F_i}{\partial X} \right| + \left| \frac{\partial F_i}{\partial Y} \right| + \left| \frac{\partial F_i}{\partial Z} \right| \right).$$

В настоящее время указанные функции начали получать свою реализацию в отечественных и некоторых зарубежных ГИС-системах.

Таблица 1

### Применение топофункций в ГИС-системах

Показатели	Тип функции	Реализация
<b>Технические:</b>		
– высотные отметки рельефа	Нелинейная, непрерывная	Хорошая, R-постоянная
– физико-технические характеристики почв	Нелинейная, непрерывная	Хорошая R-постоянная
-химико-минералосодержание	Нелинейная, дискретная	Хорошая, R-постоянная
–принадлежность к категориям ведения хозяйства	Дискретная	Хорошая, R-переменная
<b>Технологические</b>		
– биохимическое содержание	Нелинейная, непрерывная	Хорошая, R-постоянная
– урожайность по основным культурам	Нелинейная, дискретная	Хорошая, R-переменная
– содержание гумуса	Нелинейная, непрерывная	Хорошая, R-постоянная
– минеральная составляющая	Нелинейная, непрерывная	Хорошая, R-постоянная
– органическая составляющая	Нелинейная, непрерывная	Хорошая, R-постоянная
<b>Экономические: –</b>		
условная стоимость единицы территории	Линейная, дискретная	Средняя, R-переменная
– приведенная стоимость единицы территории	Линейная, дискретная	Средняя, R-переменная

### Выводы

Таким образом, предложенная модель является эффективным инструментом для принятия решений по управлению территориями с использованием технико-экономических показателей разного рода ресурсов, включая земельные, денежные и прочие. Данная модель может быть применена для формирования регулярных баз данных для решения разного рода задач с использованием ГИС-технологий.

### Литература

1. Лисицкий, Д.В. Основные принципы цифрового картографирования местности [Текст] / Д.В. Лисицкий. – М.: Недра, 1988.



2. Цветков, В.Я. Геоинформационные системы и технологии [Текст] / В.Я. Цветков. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 288 с.
3. Сизов, А.П. Мониторинг городских земель с элементами их охраны [Текст] / А.П. Сизов. – М., 2000. – 156 с.
4. Бондарь, А.Л. Представлення статистичних матеріалів у графічному вигляді та їх картографічна інтерпретація для аналізу [Текст] / А.Л. Бондарь, О.В. Барладин, Л.М. Даценко // Матеріали ГІС-конференції. – К: 2003.
5. Шипулін, В.Д. Створення базового набору геопросторових даних [Текст] / В.Д. Шипулін // Матеріали ГІС-конференції. – Ялта: 2006.

## APPLICATION OF TOPOFUNCTIONS MODELS IN GEOINFORMATION SYSTEMS

**E.G. ZHILYAKOV<sup>1)</sup>**

**B.A. TATARINOVICH<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> *Belgorod state university*

*e-mail: Zhilyakov@bsu.edu.ru*

<sup>2)</sup> *Kharkov national agrarian university*

The questions of interpolation of spatial functions of 2, 3 and n variables by a gradient-statistical method, methods and mathematical actions over toposfunctions, application of toposfunctions for the simulating of technical, technological and economic indexes in the tasks of territories management are considered.

Keywords: spatially-irregular location of points of testing, object quality indexes, regular network of spatial indexes geometrizing, closeness of knots location, triangulation, gradient-statistical interpolation, mathematical actions, toposfunctions, changeability.



## АЛГОРИТМ СЖАТИЯ АЛФАВИТНОЙ ИНФОРМАЦИИ С АДАПТАЦИЕЙ ДЛЯ КРИПТОСИСТЕМ

**В.Г. ПОТЁМКИН  
Н.И. КОРСУНОВ**

*Белгородский государственный  
технологический университет*

*e-mail: skf-bgtu@yandex.ru*

В статье предлагается эффективный алгоритм сжатия для защиты от перехвата передаваемой информации. Проанализированы алгоритмы, позволяющие сжимать информацию, и выявлены их недостатки, состоящие в том, что в процессе сжатия они неадекватно воспринимают последовательности повторяющихся символов, оперируют с алфавитами недостаточной мощности. Для устранения недостатков вводится новая система правил сжатия, для реализации которой приведен алгоритм. Проведено сравнение предложенного алгоритма с известным.

Ключевые слова: информация, криптостойкость, сжатие, несанкционированный доступ, избыточность, кодирование.

Основным современным подходом в защите информации является сокрытие или изменение ее смысла посредством криптографических методов [1]. Данные методы, изменяя свойства информации, преобразуют ее в шифр. Критерием оценки защищенности информации, содержащейся в шифре, является криптостойкость. Этот критерий представляет собой множество, объединяющее те свойства, от значений которых зависит стойкость шифра к криптоанализу [1]. Среди этих свойств выделим *частотный спектр появления символов*, которое отображает вероятность появления символов в данной информации. Такой выбор связан в первую очередь с тем, что частотный спектр появления символов не зависит от алгоритма шифрования. Это вызвано тем, что практически все известные шифры смещают позиции символов в данных и подменяют их истинное значение. При этом скрывается смысл передаваемой информации, но другие её количественные характеристики остаются неизменными. Смещения позиций символа и значения кода символа при подмене имеют некоторые конкретные значения, вследствие чего на открытые данные по определенному алгоритму происходит наложение некоторой маски скрывающей их суть. При шифровании количество символов на входе алгоритма равно их количеству на выходе. Структура информации в данных не меняется, что приводит к повторению смысловой нагрузки значения символов, алфавита открытого текста и алфавита шифра.

Анализируя достаточно длинный, зашифрованный текст, можно по частотам появления символов произвести восстановление исходного текста. При этом совсем не обязательно анализировать все буквы слов текста. Остальные можно подобрать по смыслу, так как естественные языки обладают большой избыточностью. Для русского языка, например, буква «о» появляется в 45 раз чаще буквы «ф» и в 30 раз чаще буквы «э». Относительная частота появления пробела или знака препинания в русском языке составляет 0,174. Данную проблему легко понять на примере следующей аллегории. Маска, скрывая лик, полностью повторяет его анатомические особенности, но по косвенным признакам (черты, пропорции) можно без труда идентифицировать владельца.

На практике был проведен ряд экспериментов, целью которых было выделение из различных алфавитных данных частотного спектра появления символов. Результат одного из экспериментов проиллюстрирован на рис. 1.

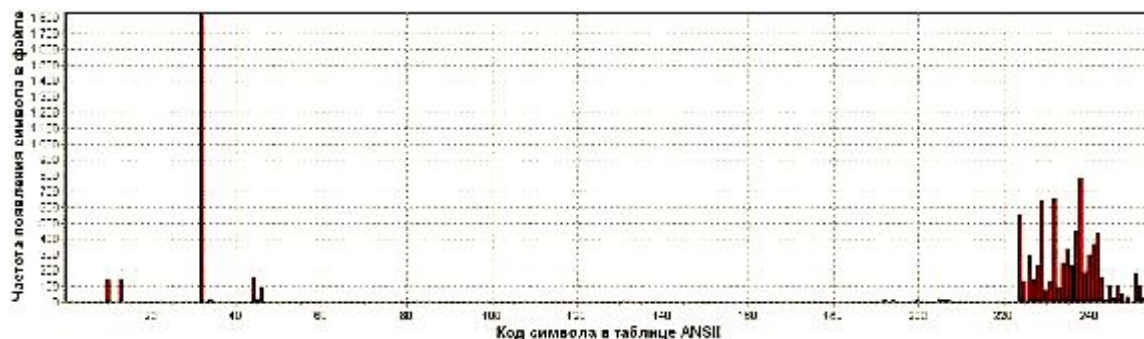


Рис. 1. Частота встречаемости символов в текстовом файле, размером 10 кбайт

Как следует из эксперимента, в спектре отчетливо прослеживаются всплески частоты появления определенных символов. Самый часто встречающийся символ данного текста – знак пробела с кодом 32 в таблице ANSI IBM sr866 [2]. Следовательно в шифре символ с такой же смысловой нагрузкой, но другим значением будет так же часто встречаться. Зная алгоритм шифрования, который, как правило, не является секретным, можно без труда составить структуру текста [1]. Средняя частота встречаемости других символов имеющих всплеск частоты (рис. 1) – это буквы «о», «е», «а», «и», «н», в большинстве текстов лежит в одних и тех же диапазонах.

Из этого следует, что для несанкционированного доступа имеются следующие преимущества:

- 1) представление о структуре текста (по расположению знаков пробела);
- 2) виду того, что информация на естественном языке обладает избыточностью, не имеет смысла расшифровывать все слова в предложении, их можно подобрать по смыслу;
- 3) так как построение слов и букв в них придерживается определенных общеизвестных правил, то зная истинное значение ключевых букв в словах, можно без труда извлечь из шифра скрытую информацию.

Поэтому один из основных подходов в повышении криптостойкости шифра, является избавление его от избыточности, которая характерна для информации, воспринимаемой и воспроизводимой человеком. Для избавления информации от избыточности используется ее сжатие или иначе компрессия. Адаптации алгоритмов сжатия к нуждам криптосистем, требует их классификации и отбора только тех из них, которые не противоречат законам криптографии [1].

Основными техническими характеристиками процессов сжатия являются [3]:

1. *Коэффициент сжатия* – это показатель эффективности алгоритма сжатия. Выражается в отношении численного размера исходного потока информации к размеру потока информации после преобразования.

2. *Скорость сжатия* – время, затрачиваемое на сжатие некоторого объема информации входного потока.

3. *Эффективность сжатия* – величина, показывающая, насколько сильно упакован выходной поток, при помощи применения к нему повторного сжатия, поэтому же или иному алгоритму.

Все способы сжатия можно разделить на две категории: обратимые и необратимые [3]. Под необратимым сжатием подразумевают такое преобразование входного потока данных, при котором в выходном потоке, обобщается смысл информации. При этом происходит потеря той части информации, значимость, которой не оказывает существенного влияния на общий придаваемый ею смысл. Данный способ ориентирован на мультимедийные форматы данных (видео, аудио), и неприменим для сжатия слабоизбыточной информации – текста, исполняемых файлов. Неприемлем он и для шифрования, где потеря информативности недопустима.

В некоторых случаях, когда требуется передать лишь суть события, не вдаваясь в подробности, допустимо применение сжатия с потерей, но при этом возникает необ-



ходимость оснастить криптосистему сложным искусственным интеллектом, для проведения анализа сообщения и выделения из него базового смысла. Для данной задачи основой искусственного интеллекта могут служить алгоритмы автореферирования, наглядным примером работы которых может служить функция «Автореферат» текстового процессора Microsoft Word [4].

Обратимое сжатие приводит к снижению объема выходного потока информации без изменения его информативности, то есть – без потери информационной структуры. Таким образом, получается, что решая основную задачу – повышения криптостойкости шифра, мы косвенно улучшаем еще и его свойства – уменьшая занимаемое пространство при хранении и скорость пересылки при передаче. Именно поэтому в криптоалгоритмах данный класс методов сжатия является наиболее оптимальным.

В настоящее время распространено программное обеспечение, реализующее набор различных по своему подходу к сжатию алгоритмов. Данный класс программного обеспечения получил название *архиваторы*.

Коэффициент сжатия при каскадном использовании нескольких алгоритмов увеличивается, но при этом падает быстродействие по логарифмической зависимости. При подготовке данных к длительному хранению скорость сжатия уже не является решающим критерием качества работы архиватора. По этой причине алгоритмы сжатия в чистом виде кроме как в статическом и динамическом видео или графике не применяются, в виду большой зависимости от характеристик информации и начальных условий.

При интеграции архиватора в криптосистему его быстродействие становится одним из основных при оценке эффективности системы в целом. Практика показывает, что применение архиваторов даже с невысоким коэффициентом сжатия (до 20%) позволяет выровнять частоту появления символов в текстовых данных. Это усложняет частотный криптоанализ, но в процессе подготовки информации к шифрованию можно использовать те алгоритмы, которые для полноценного сжатия не применимы.

Многие классические методы сжатия информации [3, 5] неадекватно воспринимают однократно встречающиеся последовательности повторяющихся символов, пропуская их не сжимая. К этому классу последовательностей относятся опечатки, или повторяющиеся пробелы, вместо табуляции и аббревиатуры. При этом, если в документе встречается большое количество вышеописанных структур, то это может привести к тому, что коэффициент сжатия данной информации будет стремиться к нулю.

Наилучшим подходом в решении данной проблемы обладает алгоритм RLE [3]. В основу алгоритма RLE (Run-Length Encoding) положен принцип выявления повторяющихся последовательностей данных и замены их простой структурой, в которой указывается код данных и коэффициент повтора. Программные реализации алгоритма RLE отличаются простотой, высокой скоростью работы, вследствие однопроходного способа сжатия и декомпрессии. Наилучшими объектами для данного алгоритма являются графические файлы, в которых большие одноцветные участки изображения кодируются длинными последовательностями одинаковых байтов [6]. Этот метод также может давать заметный выигрыш на некоторых типах файлов баз данных, имеющих таблицы с фиксированной длиной полей.

Классическая реализация алгоритма состоит в том, что осуществляется поиск наименее часто встречающегося байта, называют его префиксом и делают замены цепочек одинаковых символов на тройки "префикс, счетчик, значение". Если же этот байт встречается в исходном файле один или два раза подряд, то его заменяют на пару "префикс, 1" или "префикс, 2". Остается одна неиспользованная пара "префикс, 0", которую можно использовать как признак конца упакованных данных. К примеру, последовательность AAABBCDEEEE кодируется (#3A) (#2B) (#1C) (#1D) (#4E), # – знак префикса. Сжатая последовательность повторяющихся символов представляется структурой, состоящей из трех элементов: байт-указатель на префикс, счетчик повторов символов, байт, хранящий образец повторяющегося символа.



Одна из наиболее удачных версий данного алгоритма основана на том, что байт, отвечающий за наличия префикса, объединяется с байтом счетчика повторяющихся символов [3]. В этом байте старший бит выполняет функцию флага наличия префикса. Если значение старшего бита равно единице, то данный байт является носителем префикса, а значение оставшихся семь бит – количество повторений символа не более 128. Если значение старшего бита равно нулю, то префикса нет, и значение байта интерпретируется как число в графических данных или цифра в текстовых. Вследствие этого для хранения префикса не нужно выделять дополнительный байт, что позволяет повысить коэффициент сжатия информации, особенно при большом количестве коротких последовательностей повторяющихся символов. Эффективность (по коэффициенту сжатия) данной версии алгоритма выше, в сравнении с классической версией. Объясняется это тем, что в классическом алгоритме сжатия сжатая последовательность представлена тремя байтами, в данной версии – двумя (байт-указателем префикса, совмещенный со счетчиком и образец повторяющегося символа).

Однако данный алгоритм имеет существенный недостаток: при изъятии одного старшего бита максимальная мощность алфавита сокращается до 128 символов. Закодировать прописные и строчные буквы национального (в данном случае рассматривается русский алфавит) и латинского алфавита, а также цифры, знаки пунктуации и некоторые вспомогательные символы 7 битами (128 возможных значений) невозможно.

Целью исследований приведенных в данной работе является усовершенствование известных однопроводных алгоритмов семейства RLE, что должно привести к повышению эффективности алгоритма при сжатии алфавитной информации.

Модификация алгоритма RLE основана на устранении противоречия, выражающегося в нерациональном использовании старшего бита кодировочного байта, что приводит к неоправданному сокращению мощности используемого алфавита. Для устранения этого противоречия необходимо увеличить мощность алфавита не изменяя размер кодировочной таблицы. При кодировании любого текстового документа необходимо чтобы кодировочная таблица содержала необходимый минимум используемых символов. К ним можно отнести следующие типы: буквы строчные и прописные национального (в данном примере русский алфавит) и латинского алфавитов, цифры, знаки пунктуации и некоторые, по необходимости, вспомогательные символы. Если брать за основу кодировочную таблицу ANSI IBM cp866 [2], то потребуется 164 символа. Однако закодировать такое количество кодов символов семью битами (128 возможных значений) не представляется возможным.

Предлагается исключить избыточность в таблице, проявляющуюся в одинаковой смысловой нагрузке прописных и строчных букв, которые отличаются лишь в написании под влиянием правил грамматики. Исключив строчные или прописные буквы, а также символы построения псевдографики DOS, и другие неприменяемые спецсимволы, получим упакованную таблицу мощностью 106 кодов символов. При этом еще 22 кода символов останутся в резерве. Для сохранения стилистики документа, присвоим символам различных регистров отличительный признак – единицу в старшем разряде или, что аналогично – смещение кодового значения на 128.

Так как старший бит, необходим только в 58 случаях из 128, то это приводит к неэффективному использованию алгоритма почти для половины символов. Для повышения эффективности алгоритма, оставшиеся коды символов, не меняющие своего регистра, поместим в начало таблицы (таблица 1, где первый столбец – код символа в десятичной системе исчисления, второй – в шестнадцатеричной, третий столбец – графическое представление символа).

При наличии единицы в старшем разряде кода символов с неменяющимся регистром, будем его воспринимать как счетчик повторений символов, а младшие семь бит, как его значение.

Байты сжатой информации необходимо интерпретировать по следующим правилам:

1. Значение байта, старший бит которого равен единице – интерпретируется как:



а) если значение кода символа лежит в диапазоне от 69 до 127 включительно, то это символ принятой кодировочной таблицы 1 с противоположным регистром (в рассматриваемом примере малые прописные буквы);

б) если значение кода символа лежит в диапазоне от 0 до 68 включительно, то это байт следует рассматривать как байт-указатель на наличие последовательности повторяющихся символов – префикс, а значение младших семи бит, как количество повторяющихся символов. Значение байта, следующего за текущим, есть не что иное как код символа, количество повторений которого хранится в байте-указателе.

2. Значение байта, старший бит которого равен нулю – интерпретируется как код символа принятой кодировочной таблицы 1.

Так как минимальная длина воспринимаемой последовательности повторяемых символов равна двум, то и нумерацию количества повторов имеет смысл начать с двух. Для этого потребуется ввести смещение на два значения влево при записи и на два значения вправо при чтении ( $0 - 2 \leftrightarrow 2 - 0$ ). При этом максимальная длина сжимаемой последовательности увеличиться до семидесяти.

Последнее преобразование не столь принципиально в виду того, что в текстовых данных символы, подряд повторяющиеся более десяти раз редкость, не говоря уже о семидесяти повторах.

Таблица 1

Упакованная кодировочная таблица

Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char
0	00		32	20		64	40	@	96	60	Б
1	01	,	33	21	!	65	41	[	97	61	В
2	02	{	34	22	"	66	42	\	98	62	Г
3	03		35	23	#	67	43	]	99	63	Д
4	04	}	36	24	\$	68	44	♥	100	64	Е
5	05	~	37	25	%	69	45	A	101	65	Ё
6	06	^	38	26	&	70	46	B	102	66	Ж
7	07	•	39	27	'	71	47	C	103	67	З
8	08	_	40	28	(	72	48	D	104	68	И
9	09	○	41	29	)	73	49	E	105	69	Й
10	0A	■	42	2A	*	74	4A	F	106	6A	К
11	0B	♂	43	2B	+	75	4B	G	107	6B	Л
12	0C	♀	44	2C	,	76	4C	H	108	6C	М
13	0D	♪	45	2D	-	77	4D	I	109	6D	Н
14	0E	♪	46	2E	.	78	4E	J	110	6E	О
15	0F	☀	47	2F	/	79	4F	K	111	6F	П
16	10	▶	48	30	0	80	50	L	112	70	Р
17	11	◀	49	31	1	81	51	M	113	71	С
18	12	↑	50	32	2	82	52	N	114	72	Т
19	13	!!	51	33	3	83	53	O	115	73	У
20	14	¶	52	34	4	84	54	P	116	74	Ф
21	15	§	53	35	5	85	55	Q	117	75	Х
22	16	—	54	36	6	86	56	R	118	76	Ц
23	17	↑	55	37	7	87	57	S	119	77	Ч
24	18	↑	56	38	8	88	58	T	120	78	Ш
25	19	↓	57	39	9	89	59	U	121	79	Щ
26	1A	→	58	3A	:	90	5A	V	122	7A	Ъ
27	1B	←	59	3B	;	91	5B	W	123	7B	Ы
28	1C	└	60	3C	<	92	5C	X	124	7C	Ь
29	1D	↔	61	3D	=	93	5D	Y	125	7D	Э
30	1E	▲	62	3E	>	94	5E	Z	126	7E	Ю
31	1F	▼	63	3F	?	95	5F	A	127	7F	Я

Блок-схема алгоритма, построенная на основе приведенных правил, приведена на рис. 2.

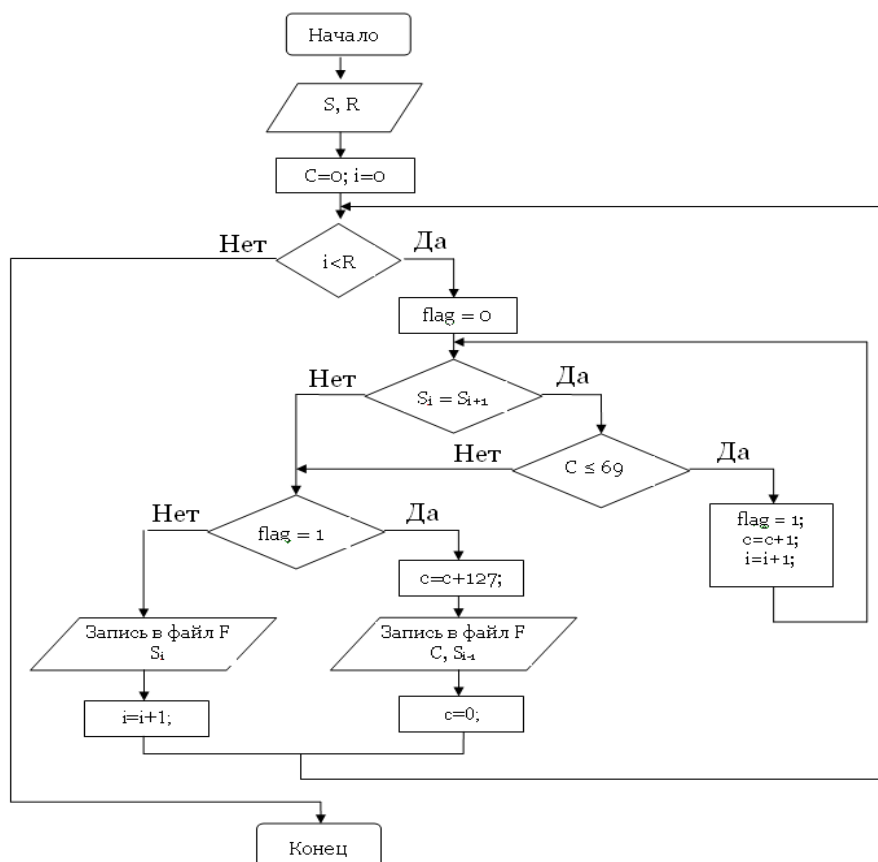


Рис. 2. Блок-схема алгоритма сжатия, где  $S$  – текстовый файл длины  $R$ ,  $S_i$  –  $i$ -й элемент файла  $S$ ,  $c$  – счетчик повторяющихся символов,  $flag$  – флаг наличия последовательности повторяющейся символов,  $F$  – файл, сжатой информации

В приведенном алгоритме в файле  $S$  длины  $R$  считываются последовательно символы  $S_i$ , сравниваются два рядом стоящих и при их совпадении устанавливается  $flag$  в единицу. Осуществляется подсчет повторяющихся символов, по окончании повторения производится запись в файл  $F$  префикса со значением счетчика повторений и повторяющегося символа. Если  $flag$  принимает значение нуля, то это означает, что символ повторов не имеет и его следует записывать в файл  $F$  без префикса.

При декомпрессии символы обрабатываются в следующем порядке:

1) если код символа принадлежит диапазону от 196 до 255, то прописная буква со значением, смещенным на 127;

2) если код символа принадлежит диапазону от 127 до 195, то это байт-указателя префикса повторяющегося символа, позиция в файле которого будет следующая относительно байта префикса, количество повторов хранится в младших семи битах.

На рис. 3 отображен частотный спектр появления символов в текстовом файле размером 10 Кб, сравнение которого с данными, приведенными на рис. 1, показывает что предложенный алгоритм позволил снизить всплески частоты появления символов в среднем на 20%. Это дает возможность более эффективного применения более мощных алгоритмов сжатия [3, 5].

Описанный усовершенствованный алгоритм является однократным, то есть обращение к элементам файла происходит единожды, что является основной причиной его быстродействия. При этом модифицированный алгоритм RLE, с точки зрения защиты от частотного криптоанализа, даже при двукратных повторах символов,



улучшает характеристики открытого текста, не увеличивая его размер. Разработанный алгоритм по сравнению с классическим RLE даёт 67 % прироста эффективности по сжатию при кратности повторов более двух и 150 % при кратности равной двум.

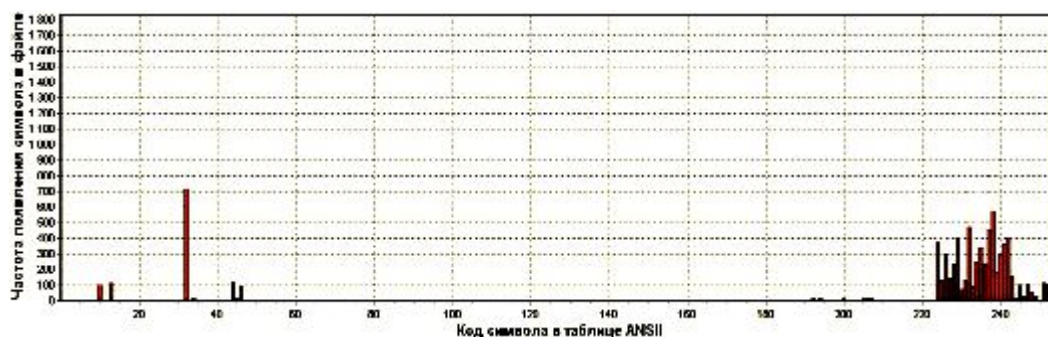


Рис. 3. Частота встречаемости символов в текстовом файле, размером 10 кбайт, подвергнутый сжатию предложенным алгоритмом

Проведенные вычислительные эксперименты показали, что применение предложенного подхода кодирования символов позволило увеличить мощность алфавита шифруемых данных на 52 %, при этом сохранить прежнюю структуру (байт-указатель, символ повтора) и соответственно размер сжатых данных – *архива*.

Таким образом, предложенный алгоритм является оптимальным в отношении эффективность/быстродействие. Его можно обоснованно применять в криптосистемах по уровню самозащиты и стойкости шифра выше среднего и аппаратных модулях шифрования информации «на лету» типа «Криптон» и аналогичных по назначению.

#### Литература

1. Основы криптографии [Текст] : Алферов А.П., Зубов А.Ю., Кузьмин А.С., Черемушкин А.В.; – Гелиос АРВ. – 2002. – с. 480.
2. Лидовский В. В. Загадочное семейство [Текст] / Лидовский В. В. // Компьютерра. – №42. – 2003 г. – с. 2.
3. Основы сжатия информации [Текст] : Фомин А.А. Санкт-Петербургский государственный технический университет, 1998. с. 82.
4. Молявко А. /Официальный учебный курс Microsoft: Microsoft Office Word 2003. Базовый курс [Текст] – М.: Эком. 2005. – 408 с.
5. Blelloch G. Introduction to Data Compression [Текст] / Blelloch G. //Computer Science Department Carnegie Mellon University, – 2001. – p. 156.
6. Ватолин Д.С. /Алгоритмы сжатия изображений [Текст] : – Издательский отдел факультета Вычислительной Математики и Кибернетики МГУ им. М.В.Ломоносова. 1999 г. – 76 с.

## ALGORITHM OF COMPRESSION OF THE ALPHABETIC INFORMATION WITH ADAPTATION FOR CRYPTOSYSTEMS

In this article we propose an efficient compression algorithm to protect against the interception of information transmitted. Analysis algorithms to compress the information, and identified their shortcomings, in that in the process of compression, they do not adequately perceive the sequence of repeated characters, have insufficient capacity to alphabets. To address the shortcomings, a new system of compression, for which the algorithm is given. A comparison of the proposed algorithm with a well-known.

V. G. POTEKIN  
N. I. KORSUNOV

*Belgorod State Technological  
University*

*e-mail: skf-bgtu@yandex.ru*

Key words: information, reliability, compression, unauthorized access, redundancy, coding.

## ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ОПТИМАЛЬНЫХ ОБРАТИМЫХ СУБИНТЕРВАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЧАСТОТНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

**А.А. ЧЕРНОМОРЕЦ, И.И. ЧИЖОВ,  
И.В. ЛЫСЕНКО, К.А. МАРЕНОВ**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail:chernomorets@bsu.edu.ru*

В работе приведены результаты экспериментальных исследований эффективности метода оптимальных обратимых субинтервальных преобразований изображений на основе частотных представлений. Описаны сравнительные исследования предложенного метода и метода субполосных преобразований на основе банка КИХ-фильтров.

Ключевые слова: изображение, частотные представления, субинтервальные преобразования, субполосные матрицы, доли энергии, погрешность восстановления

### **Введение**

В современных информационно-телекоммуникационных системах постоянно возрастает объем информации, передаваемой в естественной, с позиций восприятия человеком, форме (речь, изображения, видео). Это обуславливает важность проблемы совершенствования и разработки новых методов уменьшения объема битовых представлений передаваемой аудио и видео информации.

Большой интерес представляют алгоритмы сжатия, учитывающие свойства отдельных компонент изображения, соответствующих различным частотным интервалам. В настоящее время большое распространение получил подход к решению проблемы сжатия данных на основе так называемого субполосного кодирования [1], когда некоторое исходное изображение  $\Phi$  заменяется некоторым множеством изображений, которые отражают частотные свойства исходного изображения в некотором частотном интервале. Однако, данная группа методов основана на использовании КИХ-фильтрации в выбранных частотных интервалах, которая не является оптимальной [2] и вызывает, как будет показано далее, значительные погрешности восстановления изображений после их хранения и передачи в сжатом виде.

В данной работе исследуется эффективность вариационного метода построения оптимальных обратимых субинтервальных преобразований изображений на основе частотных представлений, который является основой для создания новых эффективных методов сжатия.

Возможность проведения анализа изображений на основе частотных представлений определяется тем, что в визуальных данных, зачастую, наблюдается периодичность или квазипериодичность отображаемых процессов. На изображении могут присутствовать повторяющиеся объекты, которые задают некоторую периодичность изменения яркости его точек. Анализ изображений на основе частотных представлений подразумевает использование следующих свойств изображений, основанных на том, что изображение можно определить как некоторую двумерную функцию  $f(x, y)$  на плоскости. Известно, что любая функция, периодически воспроизводящая свои значения и удовлетворяющая условиям Дирихле, может быть представлена в виде суммы синусоид или косинусоид, имеющих различную частоту колебаний, и некоторые весовые коэффициенты (ряд Фурье). В случае, если функция не является периодической, то она может быть выражена в виде интеграла от произведения синусов или косинусов, и некоторой весовой функции. В этом случае рассматривается преобразование Фурье [3] и справедливо следующее представление:





$$f(x, y) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty-\infty}^{\infty} \int_{-\infty-\infty}^{\infty} F(u, v) e^{jux} e^{jvy} dx dy, \quad (1)$$

где  $j$  – мнимая единица. Таким образом, функция  $f(x, y)$ , описывающая некоторое изображение, определяется через множество базисных функций, являющихся функциями синус и косинус различных аргументов (на основании формулы Эйлера). Каждая синусоидальная базисная функция характеризуется своей частотой, что позволяет говорить о частотных представлениях функций, задающих различные изображения. Функцию  $F(u, v)$  принято называть трансформантой Фурье (основная частотная характеристика), а её аргументы – круговой частотой, отражающей периодичность (циклическость) изменений исходной функции  $f(x, y)$  с изменением аргументов  $x$  и  $y$ . Поскольку трансформанта Фурье является периодической функцией, то обычно ее значения рассматриваются в области нормированных частот  $u, v$ :  $-\pi \leq u, v \leq \pi$ .

### Метод оптимальных обратимых субинтервальных преобразований

Теоретические основы метода построения оптимальных обратимых субинтервальных преобразований изображений заключаются в следующем [2].

В процессе анализа на основе субинтервальных преобразований изображения  $\Phi$ , представленного в виде матрицы яркости  $\Phi = (f_{ik})$ ,  $i=1, 2, \dots, M$ ,  $k=1, 2, \dots, N$ , данная матрица яркости исходного изображения заменяется матрицей субинтервального преобразования  $W = \{W_{1,r_1r_2}, r_1=1, 2, \dots, R_a, r_2=1, 2, \dots, R_b\}$ , которая имеет структуру, приведенную на рисунке 1.

	1	2	...	$R_b$	$v$
1	$W_{1,11}$	$W_{1,12}$	...	$W_{1,1Rb}$	
2	$W_{1,21}$	$W_{1,22}$	...	$W_{1,2Rb}$	
...	...	...	...	...	
$R_a$	$W_{1,Ra1}$	$W_{1,Ra2}$	...	$W_{1,RaRb}$	
$u$			...		

Рис. 1. Структура матрицы субинтервального преобразования

Подматрицы субинтервального преобразования  $W_{1,r_1r_2}$ ,  $r_1=1, 2, \dots, R_a$ ,  $r_2=1, 2, \dots, R_b$ , отражают частотные свойства исходного изображения в соответствующих частотных субинтервалах  $\Omega_{r_1r_2}$ ,  $r_1=1, 2, \dots, R_a$ ,  $r_2=1, 2, \dots, R_b$ , которые получены в результате разбиения области нормированных частот  $u, v$  на равные элементарные подобласти ( $R_a$  и  $R_b$  – количество частотных интервалов, на которые разбивается пространство нормированных частот вдоль осей абсцисс и ординат соответственно). Если отдельный частотный субинтервал определяется множеством значений частот  $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ . Тогда

$$R_a = \frac{\pi}{\alpha_2 - \alpha_1} \text{ и } R_b = \frac{\pi}{\beta_2 - \beta_1}. \quad (2)$$

В дальнейших преобразованиях в рамках некоторого частотного субинтервала будут использованы так называемые субполосные матрицы  $A = (a_{i_1i_2})$ ,  $i_1, i_2=1, 2, \dots, M$ , и  $B = (b_{k_1k_2})$ ,  $k_1, k_2=1, 2, \dots, N$ , значения элементов которых зависят только от размерности изображения и значений частот  $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$  на границах субинтервала и определяются выражениями

$$a_{i_1 i_2} = \begin{cases} \frac{\sin(\alpha_2(i_1 - i_2)) - \sin(\alpha_1(i_1 - i_2))}{\pi(i_1 - i_2)}, & i_1 \neq i_2, \\ \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\pi}, & i_1 = i_2, \end{cases}$$

$$b_{k_1 k_2} = \begin{cases} \frac{\sin(\beta_2(k_1 - k_2)) - \sin(\beta_1(k_1 - k_2))}{\pi(k_1 - k_2)}, & k_1 \neq k_2, \\ \frac{\beta_2 - \beta_1}{\pi}, & k_1 = k_2. \end{cases} \quad (3)$$

Для определения значений элементов подматриц субинтервальных преобразований и сглаженных субинтервальных преобразований изображения  $\Phi$  в некотором частотном субинтервале  $\Omega$  используются выражения, являющиеся следствием метода оптимальной фильтрации изображений на основе частотных представлений [2]

$$W_{1\Omega} = Q_{1A}^T \Phi Q_{1B} \quad \text{и} \quad \bar{W}_{1\Omega} = \sqrt{L_{1A}} Q_{1A}^T \Phi Q_{1B} \sqrt{L_{1B}}, \quad (4)$$

где матрицы  $Q_{1A}$  и  $Q_{1B}$ ,  $L_{1A}$  и  $L_{1B}$  являются подматрицами матриц  $Q_A$ ,  $Q_B$ ,  $L_A$ ,  $L_B$  собственных векторов и собственных чисел субполосных матриц  $A$  и  $B$  соответственно (способ построения подматриц  $Q_{1A}$  и  $Q_{1B}$ ,  $L_{1A}$  и  $L_{1B}$  будет указан ниже):

матрицы  $L_A$  и  $L_B$  – квадратные матрицы, на главной диагонали которых расположены значения собственных чисел субполосных матриц  $A$  и  $B$

$$L_A = \text{diag}(\lambda_{A1}, \lambda_{A2}, \dots, \lambda_{AM}), \quad L_B = \text{diag}(\lambda_{B1}, \lambda_{B2}, \dots, \lambda_{BM}),$$

считается, что значения собственных чисел упорядочены по убыванию, т.е.

$$\lambda_{A1} \geq \lambda_{A2} \geq \dots \geq \lambda_{AM}, \quad \lambda_{B1} \geq \lambda_{B2} \geq \dots \geq \lambda_{BM},$$

столбцы матриц  $Q_A$  и  $Q_B$  составлены из значений соответствующих собственных векторов субполосных матриц  $A$  и  $B$

$$Q_A = (\bar{q}_{A1}, \bar{q}_{A2}, \dots, \bar{q}_{AM}), \quad Q_B = (\bar{q}_{B1}, \bar{q}_{B2}, \dots, \bar{q}_{BN}),$$

Учитывая матрицы  $Q_A$  и  $Q_B$ ,  $L_A$  и  $L_B$ , субполосные симметрические матрицы  $A$  и  $B$  можно представить в виде

$$A = Q_A L_A Q_A^T, \quad B = Q_B L_B Q_B^T. \quad (5)$$

На основании вышеприведенных обозначений матрицы  $Q_{1A}$  и  $Q_{1B}$ ,  $L_{1A}$  и  $L_{1B}$ , применяемые в субинтервальных преобразованиях, имеют следующий вид

$$Q_{1A} = (\bar{q}_{A1}, \bar{q}_{A2}, \dots, \bar{q}_{A_{J_a}}), \quad Q_{1B} = (\bar{q}_{B1}, \bar{q}_{B2}, \dots, \bar{q}_{B_{J_b}}),$$

$$L_{1A} = \text{diag}(\lambda_{A1}, \lambda_{A2}, \dots, \lambda_{A_{J_a}}), \quad L_{1B} = \text{diag}(\lambda_{B1}, \lambda_{B2}, \dots, \lambda_{B_{J_b}}),$$

где

$$J_a = 2 \left\lceil \frac{M}{2R_a} \right\rceil + 2 \quad \text{и} \quad J_b = 2 \left\lceil \frac{N}{2R_b} \right\rceil + 2. \quad (6)$$

Для восстановления (синтеза) результата анализа изображения на основании субинтервального преобразования и сглаженного субинтервального преобразования, соответствующего выбранному частотному субинтервалу  $\Omega$ , следует выполнить следующие операции

$$Y_{\Omega} = Q_{1A} L_{1A} W_{1\Omega} L_{1B} Q_{1B}^T \quad \text{и} \quad \bar{Y}_{\Omega} = Q_{1A} \sqrt{L_{1A}} \bar{W}_{1\Omega} \sqrt{L_{1B}} Q_{1B}^T. \quad (7)$$

В данной работе в вычислительных экспериментах использованы подматрицы субинтервальных преобразований  $W_{1\Omega}$  поскольку сглаженные субинтервальные преобразования обладают аналогичными свойствами.

Результат восстановления (синтез) всего изображения после проведения его анализа на основании субинтервальных преобразований во всех частотных субинтервалах определяется следующим соотношением



$$Y = \sum_{r_1=1}^{R_a} \sum_{r_2=1}^{R_b} P_{Mask}(r_1, r_2) \cdot Y_{r_1 r_2}, \quad (8)$$

где  $Y_{r_1 r_2}$  – результат восстановления изображения в частотном субинтервале  $\Omega_{r_1 r_2}$ ,  $P_{Mask}(r_1, r_2)$  – матрица, построенная таким образом, чтобы исключить из дальнейшего исследования доли энергии  $P_{r_1 r_2}(\Phi)$  исходного изображения  $\Phi$  в частотных субинтервалах  $\Omega_{r_1 r_2}$ , которые не превышают некоторое пороговое значение  $T_1$

$$P_{Mask}(r_1, r_2) = \begin{cases} 1, & P_{r_1 r_2}(\Phi) \geq T_1, \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}, \quad (9)$$

$r_1=1, 2, \dots, R_a, \quad r_2=1, 2, \dots, R_b.$

Для сокращения объема битовых представлений, необходимых для хранения подматриц  $W_{ik}$  субинтервальных преобразований, используется квантование по уровням значений элементов данных матриц.

### Планирование вычислительных экспериментов

Главной целью экспериментальных исследований эффективности метода построения оптимальных обратимых субинтервальных преобразований является получение оценки относительной погрешности аппроксимации долей энергии исходного изображения в соответствующем частотном субинтервале  $\Omega_{r_1 r_2}$ ,  $r_1=1, 2, \dots, R_a$ ,  $r_2=1, 2, \dots, R_b$ ,

$$\sigma_{SI, r_1 r_2} = \left| 1 - \frac{P_{r_1 r_2}(\Phi)}{P_{r_1 r_2}(Y)} \right|, \quad (10)$$

где  $\Phi$  – исходное изображение,  $Y$  – результат (соотношение (8)) восстановления (синтез) всего изображения после проведения его анализа на основании субинтервальных преобразований,  $P_{r_1 r_2}(\Phi)$ ,  $P_{r_1 r_2}(Y)$  – доли энергий [4] изображений  $\Phi$ ,  $Y$  в частотном субинтервале  $\Omega_{r_1 r_2}$ .

В процессе экспериментов также определялись следующие величины:

– среднеквадратическое отклонение значений долей энергии восстановленного изображения  $Y$  относительно долей энергии исходного изображения  $\Phi$

$$\sigma_{SI} = \sqrt{\frac{\sum_{r_1=1}^{R_a} \sum_{r_2=1}^{R_b} (P_{r_1 r_2}(\Phi) - P_{r_1 r_2}(Y))^2}{\sum_{r_1=1}^{R_a} \sum_{r_2=1}^{R_b} P_{r_1 r_2}^2(\Phi)}}, \quad (11)$$

– среднеквадратическое отклонение значений яркости (в пикселях изображения) восстановленного изображения  $Y=(y_{ik})$ ,  $i=1, 2, \dots, M$ ,  $k=1, 2, \dots, N$ , относительно исходного изображения  $\Phi=(f_{ik})$ ,  $i=1, 2, \dots, M$ ,  $k=1, 2, \dots, N$  (погрешность восстановления),

$$\delta_{SI} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^N (f_{ik} - y_{ik})^2}{\sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^N f_{ik}^2}}. \quad (12)$$

В рамках настоящего исследования представляет интерес не только определение погрешностей аппроксимации абсолютных значений исходных трансформант Фурье на основе предложенных оптимальных субинтервальных преобразований изображений, но и сопоставление их с аналогичными погрешностями аппроксимации на основе применяемых на практике субполосных преобразований на основе банка КИХ-фильтров [3] (при этом имеется в виду аппроксимация трансформант Фурье исходных данных на основе базиса Фурье).



При субполосном преобразовании (анализ) на основе банка КИХ-фильтров изображение разлагается на несколько составляющих (субдиапазонов), соответствующих полосовой КИХ-фильтрации [3] в ограниченных частотных областях. В дальнейшем полученные субдиапазоны могут быть объединены (синтез), что позволит без искажений восстановить изображение. Поскольку ширина полосы частот субдиапазонов меньше ширины частот исходного изображения, то применение к субдиапазонам прореживающей выборки (децимации) не приводит к существенной потере информации в процессе анализа изображений. Восстановление исходного изображения осуществляется последовательным выполнением сгущающей выборки (интерполяции), фильтрации и «сложения» отдельных субдиапазонов. Обычно при субполосном преобразовании двумерных изображений используются одномерные полосовые КИХ-фильтры, которые образуют двумерные разделимые фильтры.

На основании результатов субполосных преобразований изображений с использованием КИХ-фильтров, длина импульсной характеристики которых равна  $L$ , получены аналогично выражениям (10)-(12) оценки относительной погрешности аппроксимации спектров исходного изображения в соответствующем частотном субинтервале  $\Omega_{r_1 r_2}$ ,  $r_1=1,2,\dots,R_a$ ,  $r_2=1,2,\dots,R_b$ , среднеквадратического отклонения значений долей энергии восстановленного изображения  $Z_L$  относительно долей энергии исходного изображения, среднеквадратического отклонения значений яркости восстановленного изображения относительно исходного изображения (погрешность восстановления).

Экспериментальные исследования осуществлялись на основе вычислений оптимальных обратимых субинтервальных преобразований и субполосных преобразований изображений земной поверхности размерностью  $256 \times 256$  и  $512 \times 512$  пикселей, а также модельных изображений.

При реализации субполосных преобразований использованы КИХ-фильтры, длины импульсных характеристик  $L$  которых равны 256, 512 и 1024.

Субинтервальные и субполосные преобразования (анализ и синтез) изображений осуществлены при следующих значениях различных параметров:

- количество частотных интервалов, на которые разбивается пространство нормированных частот вдоль осей абсцисс  $R_a$  и ординат  $R_b$ , выбиралось равным  $R_a=R_b=\{2, 4, 8, 16, 32, 64\}$ ,

- величина порогового значения  $T_0$ , которому соответствует  $T_0 100\%$  суммарной энергии исследуемого изображения, выбиралась равной  $T_0=\{1, 0.999, 0.99, 0.98, 0.97, 0.96, 0.95\}$ .

Величина порогового значения  $T_0$  связана с пороговым значением  $T_1$  (соотношение (9)), на основании которого определяются значения элементов матрицы  $P_{Mask}(r_1, r_2)$ ,  $r_1=1,2,\dots,R_a$ ,  $r_2=1,2,\dots,R_b$ , следующим соотношением

$$T_0 = \frac{\sum_{r_1=1}^{R_a} \sum_{r_2=1}^{R_b} P_{Mask}(r_1, r_2) \cdot P_{r_1 r_2}(\Phi)}{\sum_{r_1=1}^{R_a} \sum_{r_2=1}^{R_b} P_{r_1 r_2}(\Phi)}.$$

### **Результаты вычислительных экспериментов**

Далее приведены отдельные результаты проведенных экспериментов.

В табл. 1 – 3 даны результаты анализа и синтеза на основе субинтервальных и субполосных преобразований модельного изображения, размерностью  $512 \times 512$  пикселей, пороговое значение используемой суммарной энергии выбрано равным  $T_0=1$ .

В таблице 1 представлены значения относительной погрешности вычисления в различных частотных субинтервалах значений долей энергии восстановленных изображений на основании анализируемых преобразований (относительная погрешность аппроксимации значений долей энергии исходного изображения). Значения погрешностей найдены согласно соотношения (10), количество интервалов разбиения выбрано равным  $R_a=R_b=4$ .



Таблица 1

**Относительная погрешность аппроксимации значений долей энергии  
исходного изображения в различных частотных субинтервалах,  $R_a=R_b=4$**

№ п/п	Границы частотного субинтервала				Относительная погрешность аппроксимации долей энергии			
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\sigma_{SI, r_1 r_2}$	$\sigma_{256, r_1 r_2}$	$\sigma_{512, r_1 r_2}$	$\sigma_{1024, r_1 r_2}$
1	0	0.25 $\pi$	0	0.25 $\pi$	0.0011	0.3751	0.0624	0.0020
2	0	0.25 $\pi$	0.25 $\pi$	0.5 $\pi$	0.0535	5.0069	0.7237	0.1124
3	0	0.25 $\pi$	0.5 $\pi$	0.75 $\pi$	0.1983	19.873	2.0451	0.1994
4	0	0.25 $\pi$	0.75 $\pi$	$\pi$	0.1007	26.867	3.2271	0.0519
5	0.25 $\pi$	0.5 $\pi$	0	0.25 $\pi$	0.1316	12.602	0.1347	0.4133
6	0.25 $\pi$	0.5 $\pi$	0.25 $\pi$	0.5 $\pi$	0.1772	129.74	0.4039	0.3461
7	0.25 $\pi$	0.5 $\pi$	0.5 $\pi$	0.75 $\pi$	0.3030	453.32	1.4801	0.5294
8	0.25 $\pi$	0.5 $\pi$	0.75 $\pi$	$\pi$	0.2182	605.54	2.4427	0.4426
9	0.5 $\pi$	0.75 $\pi$	0	0.25 $\pi$	0.1888	10.282	0.8630	0.2742
10	0.5 $\pi$	0.75 $\pi$	0.25 $\pi$	0.5 $\pi$	0.2313	107.44	2.0225	0.1911
11	0.5 $\pi$	0.75 $\pi$	0.5 $\pi$	0.75 $\pi$	0.3489	375.82	4.3396	0.4178
12	0.5 $\pi$	0.75 $\pi$	0.75 $\pi$	$\pi$	0.2696	502.09	6.4121	0.3105
13	0.75 $\pi$	$\pi$	0	0.25 $\pi$	0.0792	72.442	4.2786	0.1915
14	0.75 $\pi$	$\pi$	0.25 $\pi$	0.5 $\pi$	0.1275	704.90	7.5641	0.0989
15	0.75 $\pi$	$\pi$	0.5 $\pi$	0.75 $\pi$	0.2610	2452.0	14.1290	0.3514
16	0.75 $\pi$	$\pi$	0.75 $\pi$	$\pi$	0.1710	3273.8	20.0020	0.2319

Приведенные в табл. 1 данные указывают на существенные преимущества в аппроксимации спектра исходного изображения при использовании оптимальных субинтервальных преобразований по сравнению с субполосными преобразованиями изображений на основе КИХ-фильтров.

Дальнейшие вычислительные эксперименты продемонстрировали, что погрешности аппроксимации долей энергии в различных частотных субинтервалах при значениях  $R_a=R_b=\{2, 8, 16, 32, 64$  и т.д.} при применении субинтервальных преобразований изображений также существенно меньше аналогичных погрешностей при субполосных преобразованиях.

В табл. 2 представлены значения среднеквадратических отклонений значений долей энергии изображений, восстановленных на основании результатов анализа изображения с помощью исследуемых преобразований, относительно долей энергии исходного изображения. Значения отклонений найдены согласно соотношения (11), пороговое значение выбрано равным  $T_0=1$ .

Таблица 2

**Среднеквадратические отклонения значений долей энергии  
восстановленных изображений,  $T_0=1$**

№ п/п	Количество интервалов разбиения $R_a=R_b$	$\sigma_{SI}$	$\sigma_{256}$	$\sigma_{512}$	$\sigma_{1024}$
1	2	0.0001	0.3776	0.0601	0.0007
2	4	0.0011	0.3761	0.0625	0.0020
3	8	0.0024	0.1035	0.0758	0.0077
4	16	0.0024	0.1035	0.0758	0.0077
5	32	0.0246	1.6354	0.5181	0.4539
6	64	0.0381	37.9150	1.0368	0.8121

В табл. 3 представлены значения среднеквадратических погрешностей значений яркости (в пикселях изображения) изображений, восстановленных на основании результатов анализа изображения с помощью исследуемых преобразований, относительно исходного изображения (погрешность восстановления). Значения погрешностей найдены согласно соотношения (12), пороговое значение выбрано равным  $T_0=1$ .

Таблица 3

**Среднеквадратические погрешности восстановления изображений  
по результатам анализа,  $T_0=1$**

№ п/п	Количество интервалов разбиения $R_a=R_b$	$\delta_{S1}$	$\delta_{256}$	$\delta_{512}$	$\delta_{1024}$
1	2	0.0003	0.1013	0.0226	0.0077
2	4	0.0034	0.1149	0.0312	0.0151
3	8	0.0046	0.1828	0.0615	0.0509
4	16	0.0088	0.3244	0.0783	0.0617
5	32	0.0122	1.1023	0.2059	0.1875
6	64	0.0135	11.2820	0.3046	0.2459

На рис. 2 приведены значения среднеквадратических отклонений значений долей энергии исследуемых восстановленных изображений в зависимости от величины порогового значения  $T_0$  используемой в преобразованиях суммарной энергии исходного изображения при количестве интервалов разбиения  $R_a=R_b=8$ .

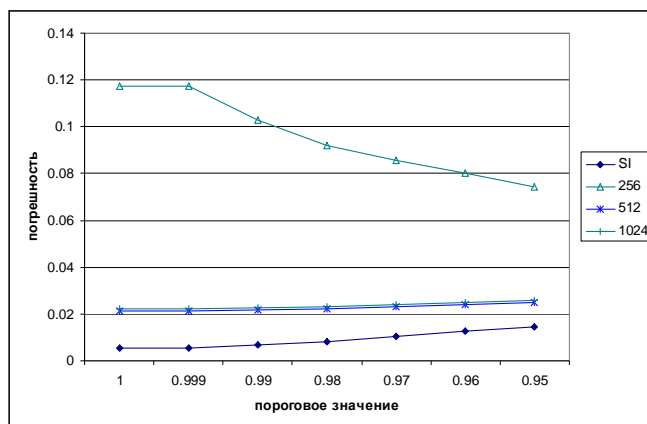


Рис. 2. Среднеквадратические отклонения значений долей энергии восстановленных изображений,  $R_a=R_b=8$

На рис. 3 приведены значения среднеквадратических погрешностей восстановления изображений по результатам анализа на основании субинтервальных и субполосных преобразований в зависимости от величины порогового значения  $T_0$  используемой суммарной энергии исходного изображения при количестве интервалов разбиения  $R_a=R_b=8$ .

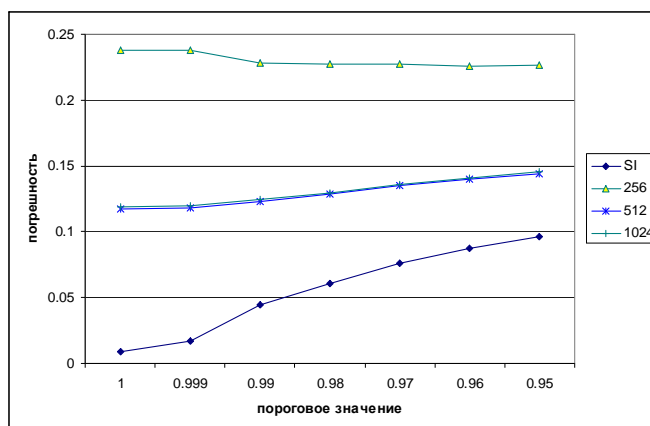


Рис. 3. Среднеквадратические погрешности восстановления изображений по результатам анализа,  $R_a=R_b=8$



### **Выводы**

Предложенный метод оптимальных обратимых субинтервальных преобразований позволяет достичь высоких точностей аппроксимаций значений трансформант Фурье в заданных частотных интервалах и может быть использован для создания новых эффективных методов сжатия. Полученные результаты вычислительных экспериментов над различными изображениями показывают высокую эффективность применения оптимальных обратимых субинтервальных преобразований на основе частотных представлений и демонстрирует преимущества данных преобразований в погрешностях аппроксимации долей энергии изображений и в погрешностях восстановления изображений.

### **Литература**

1. Ковалгин, Ю.А. Цифровое кодирование звуковых сигналов [Текст] / Ю.А. Ковалгин, Э.И. Вологодин. – СПб: Корона-принт, 2004. – 240 с.: ил.
2. Жилияков, Е.Г. Вариационные алгоритмы анализа и обработки изображений на основе частотных представлений [Текст] / Е.Г. Жилияков, А.А. Черноморец. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2008. – 146 с.
3. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.
4. Жилияков, Е.Г. Метод определения точных значений долей энергии изображений в заданных частотных интервалах [Текст] / Е.Г. Жилияков, А.А. Черноморец, И.В. Лысенко // Вопросы радиоэлектроники. – Сер. РЛТ, 2007. – Вып. 4. – С. 115-123.

## **ON EFFICIENCY OF THE OPTIMAL REVERSIBLE SUBINTERVAL IMAGE TRANSFORMATION METHOD ON THE BASIS OF FREQUENCY REPRESENTATIONS**

**А.А. CHERNOMORETS,**

**I.I. CHIZHOV,**

**I.V. LYSENKO,**

**К.А. MARENOV**

*Belgorod State University*

*e-mail: chernomorets@bsu.edu.ru*

Experimental research results of efficiency of the optimal reversible subinterval image transformation method on the basis of frequency representations are given in the work. Comparative investigation of the proposed method and subband transformation method based on FIR-filters bank are described.

Key words: image, frequency representations, subinterval transformation, subband matrix, energy parts, reconstruction error

## МОДЕЛИ ВЫЧИСЛЕНИЙ С ОДНОЗНАЧНЫМ ПОКРЫТИЕМ

**В.Е. ХАЧАТРЯН,  
Я.Г. ВЕЛИКАЯ**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: velikaya@bsu.edu.ru*

Рассматриваются модели вычислений: конечные детерминированные и многоленточные автоматы. Описывается процедура построения по любому автомату модели ему эквивалентного с однозначным покрытием.

Ключевые слова: модель вычисления, конечный детерминированный автомат, многоленточный автомат.

В работе [1] предложен метод распознавания эквивалентности для моделей вычислений, основанный на использовании эквивалентных преобразований. Алгоритм распознавания предполагает построение для модели представленного в графической форме его покрытия, которое представляет собой остоное дерево, произрастающее из входа модели.

В работе [2] доказано, что трансформационный метод является алгоритмом разрешения эквивалентности для многоленточных автоматов без пересекающихся циклов. Такие автоматы обладают тем свойством, что имеют однозначное покрытие. В данной работе доказывается, что любой многоленточный автомат можно трансформировать в эквивалентный ему автомат, обладающий однозначным покрытием.

Для простоты изложения рассматриваются бинарные двухленточные автоматы.

Дадим определение рассматриваемой модели вычислений в виде, удобном для наших исследований, и позволяющее использовать введенное в теории схем программ понятие фрагментного преобразования [3]. Это определение близко формализации, введенной Р. Бердом [4].

Двухленточный автомат будем представлять диаграммой его переходов и называть просто *диаграммой* [5].

Диаграммы строятся над двумя конечными алфавитами:

$$P = \{p, q\} \text{ и } Q = \{0, 1\}.$$

По определению, *диаграмма* – это конечный ориентированный граф с размеченными вершинами и дугами. Его структура удовлетворяет следующим требованиям:

- в нем имеются две выделенные вершины, называемые *входом* и *выходом* диаграммы; из выхода нет исходящих дуг, а из всех остальных вершин исходят по две дуги;

- все вершины, кроме выхода, помечены символами алфавита  $P$ , а выходящие из вершин дуги помечены символами алфавита  $Q$ , причем дуги, выходящие из одной вершины, помечены различными символами.

Синтаксис диаграммы определен.

В дальнейших рассмотрениях алфавиты  $P$  и  $Q$  остаются фиксированными, и поэтому во всех конструкциях и отношениях, фактически зависящих от  $P$  и  $Q$ , эта зависимость не отмечается.

Введем понятия, используемые при определении эквивалентности диаграмм.

Пусть  $D$  – диаграмма над  $P$  и  $Q$ .

Конечный ориентированный путь  $w$  в диаграмме  $D$  задается последовательностью дуг. Он описывается *историей*  $L(w)$ , где

$$L(w) = (a_1, \varepsilon_1)(a_2, \varepsilon_2)\dots(a_k, \varepsilon_k),$$



$a_j$  – метка вершины, из которой исходит  $j$ -ая дуга пути, а  $\varepsilon_j$  – метка этой дуги,  $j = 1, 2, \dots, k$ .

$p$ -*проекцией* (соответственно  $q$ -*проекцией*) пути  $w$  называется слово, полученное из  $L(w)$  удалением всех пар, не содержащих символа  $p$ , (соответственно символа  $q$ ).

Путь  $w$ , начинающийся во входе диаграммы, назовем *маршрутом*; если последний оканчивается в выходе, то – *маршрутом через* диаграмму.

Диаграммы  $D_1, D_2$ , по определению, *эквивалентны* тогда и только тогда, когда для любого маршрута через  $D_j, j = 1, 2$ , существует маршрут через  $D_{3-j}$ ,  $p$ -проекция и  $q$ -проекция которого, совпадают соответственно с  $p$ -проекцией и  $q$ -проекцией первого маршрута.

При таком задании многоленточного автомата символ, сопоставляемый вершине, обозначает ленту, с которой автомат работает в состоянии, идентифицируемом этой вершиной, а метка дуги, выходящей из вершины – символ, расположенный на этой ленте и определяющий выбор следующего состояния автомата.

Диаграммы  $D_1, D_2$  назовем *сильно эквивалентными* тогда и только тогда, когда множества историй всех путей через эти диаграммы совпадают. Отметим, что этот случай эквивалентности можно трактовать как обычную эквивалентность детерминированных конечных автоматов.

При изображении диаграммы условимся опускать состояния вместе с приходящими в них дугами, не принадлежащие маршрутам через диаграмму. Примеры сильно эквивалентных автоматов  $D_1$  и  $D_2$  и эквивалентных автоматов  $D_3$  и  $D_4$  над алфавитами  $P=\{p,q\}$  и  $Q=\{o,1\}$  приведены на рис. 1; дуги, которые должны нести символ 1, снабжены жирной точкой у их основания, что позволяет игнорировать метки дуг; начальное состояние изображено черным кружком, а финальное – перечеркнутым кружком.

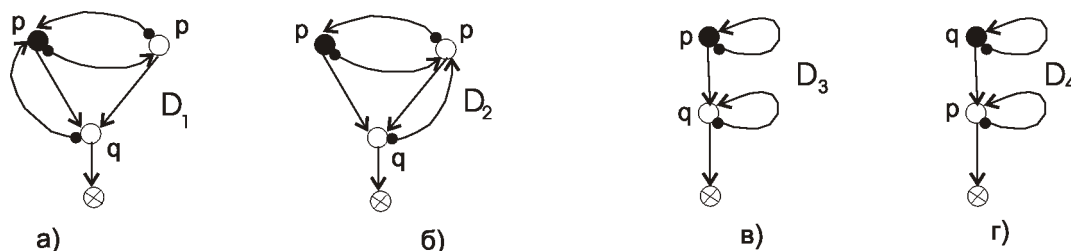


Рис. 1

Определим характеристику диаграммы  $D$ , называемую *покрытием* диаграммы. Это древовидный фрагмент  $F_D$ , все вершины и дуги которого являются образами вершин и дуг диаграммы  $D$  с их метками. Корнем является образ входа диаграммы  $D$ . Обозначим через  $S$  список всех вершин диаграммы  $D$ , лежащих на ее маршрутах через диаграмму, за исключением ее выхода. Внося в  $F_D$  какую-либо вершину из списка, будем вычеркивать ее образ из  $S$ .

На первом шаге в  $F_D$  вносится корень – образ входа  $v_0$  диаграммы  $D$ , и вершина  $v_0$  удаляется из списка  $S$ . Пусть на некотором шаге в  $F_D$  внесена вершина  $u$ , являющаяся образом вершины  $v$  диаграммы  $D$  и вершина  $v$  вычеркнута из  $S$ , причём вершина  $u$  – не выход и из неё ещё не выходят дуги. Обозначим  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – дуги, исходящие из вершины  $v$ . Пусть  $\alpha_i, i=1,2$  оканчивается в вершине  $v_i$ . Если  $v_i$  содержится в  $S$ , создаем образ вершины  $v_i$  и направляем в нее дугу  $\alpha_i$ ; удаляем  $v_i$  из списка  $S$ . Если  $v_i$  не содержится в списке  $S$ , но содержалась ранее и не является выходом, то создаем образ вершины  $v_i$ ; объявляем его выходом фрагмента  $F_D$  и в нее направляем дугу  $\alpha_i$  с ее меткой. Если  $v_i$  не содержится в списке  $S$ , и не содержалась там, то строящийся фрагмент  $F_D$  не меняется. Наконец, если  $v_i$  является выходом диаграммы  $D$ , то создаем образ  $v_i$ , он также

будет выходом для  $F_D$ , и дугу  $\alpha_i$  с ее меткой, направляем в этот выход. Пример  $F_D$  изображен на рис. 2.

Отметим, что покрытие диаграммы строится неоднозначно. На рис. 2.а) и 2.б) приведены различные покрытия диаграммы  $D$ .

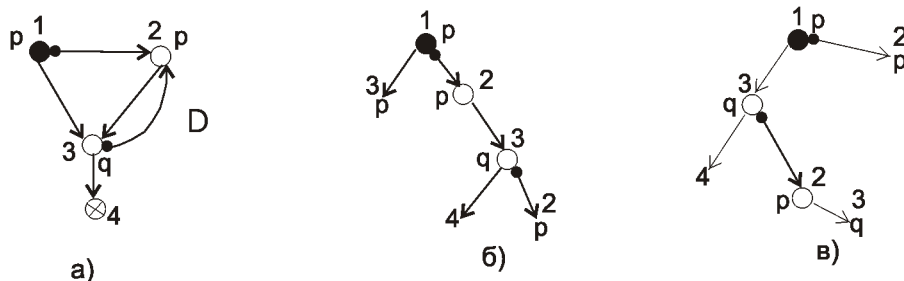


Рис. 2

Диаграмму назовем *однозначной*, если она обладает единственным покрытием. Маршруты диаграммы, ведущие в одну вершину, назовем *параллельными*, если последние дуги этих маршрутов не совпадают и один из них не является началом другого. Вершину диаграммы назовем *правильной*, если в нее не ведут параллельные пути. Очевидно утверждение

**Утверждение 1.** Если вершина имеет единственную приходящую дугу, то она является правильной.

Справедливо

**Утверждение 2.** Диаграмма является однозначной тогда и только тогда, когда все ее вершины правильные.

Действительно, если  $a$  – неправильная вершина. Тогда в нее приходят параллельные пути, а значит отличающиеся последними дугами. При построении покрытия диаграммы, вершина  $a$  будет использована в одном ее покрытии с приходящей дугой, являющейся последней для одного из параллельных путей. Для второго покрытия эта же вершина  $a$ , будет использована с приходящей дугой, являющейся последней для другого из параллельных путей.

Отметим также следующее очевидное свойство однозначной диаграммы

**Утверждение 3.** Если  $D$  однозначная диаграмма и  $s_1, s_2$  пара эквивалентных вершин из  $F_D$ , являющихся образами некоторой вершины этой диаграммы, тогда одна из этих вершин на пути в  $F_D$  предшествует другой вершине.

Опишем процедуру  $\beta$ , которая по любой диаграмме строит однозначную ей эквивалентную. Идея построения такой диаграммы заключается в таком последовательном преобразовании исходной диаграммы, при котором каждая последующая диаграмма эквивалентна предыдущей и имеет большее число правильных состояний. Эквивалентность обеспечивается преобразованием «расклейка состояний». Доказывается, что предлагаемый процесс конечен.

**Шаг 1.** Входная вершина диаграммы всегда является правильной. Пометим ее.

**Общий шаг.** Выберем какую-нибудь помеченную правильную вершину  $a$ , из которой выходит дуга в непомеченную вершину  $b$ , лежащую на маршруте. Если такой нет, то процесс завершен. В противном случае, построим новую вершину  $c$ , на которую перебросим дугу, выходящую из вершины  $a$  и входящую в вершину  $b$ . Рассмотрим все дуги, выходящие из вершины  $b$  и с каждой из них сделаем следующее. Пусть  $\alpha$  – дуга, ведущая из вершины  $b$  в вершину  $d$ . Если  $d$  – вершина, не лежащая на маршруте через диаграмму, то направляем в неё дугу с меткой дуги  $\alpha$ , но выходящую из вершины  $c$ . В противном случае из вершины  $c$  выводим дугу с меткой дуги  $\alpha$  и направляем её в правильную вершину  $d'$ , которая была получена расклейкой вершины

$d$ , если такая существует и, если новая дуга не нарушает правильность вершины  $d'$ . Иначе, направляем дугу из вершины  $c$  в вершину  $d$ .

Вершина  $c$  является правильной. Пометим ее.

Выполнять общий шаг до тех пор, пока это возможно.

Рассмотрим пример. Применим предложенную процедуру  $\beta$  к диаграмме, изображенной на рис.3.а.

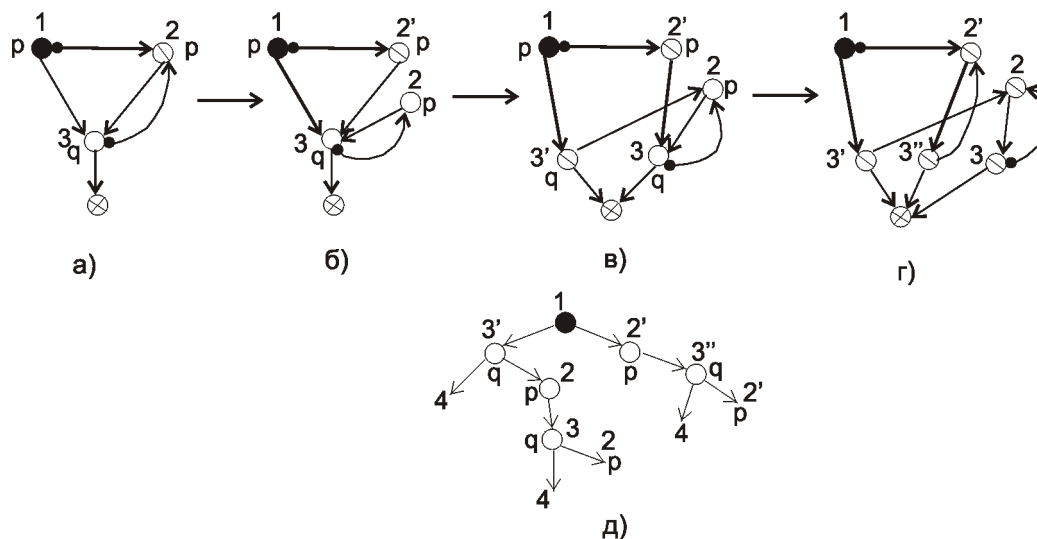


Рис. 3

Пометим вход диаграммы, вершину 1, и выберем дугу  $(1,2)$ , которая ведет в неправильную вершину 2. На рис.3б) она расклеена. Появившаяся вершина  $2'$  правильная. Пометим ее и выберем дугу  $(1,3)$ , которая ведет в неправильную вершину 3. Расклеим ее. Результат изображен на 3в). Появившаяся вершина  $3'$  правильная. Пометим ее и выберем дугу  $(2',3)$ , которая ведет в неправильную вершину 3. расклеив ее, получим однозначную диаграмму, изображенную на рис. 3г). На рис. 3д) приведено покрытие полученной однозначной диаграммы.

**Теорема.** Применение к диаграмме процедуры  $\beta$  обращает ее в однозначную диаграмму, эквивалентную исходной.

Действительно, достаточно доказать конечность процесса, поскольку при каждом рассмотрении неправильной вершины мы обязательно получаем правильную, и выполнение процедуры  $\beta$  продолжается лишь при наличии неправильной вершины. Предположим, процесс бесконечен. Тогда, в получаемых диаграммах, образуется маршрут, не содержащий циклов сколь угодно большой длины. Но это невозможно, поскольку на таком пути обязательно будут эквивалентные вершины, являющиеся отклеенными копиями одной и той же вершины рассматриваемой диаграммы. Тогда дуга, направленная в одну из таких вершин, находящуюся дальше от входа диаграммы, должна была быть направлена во вторую вершину находящуюся ближе ко входу. Так определялась  $\beta$  процедура, поскольку такой перенос дуги не нарушает правильность первой вершины. Конечность выполнения процедуры доказана, а значит все вершины полученной диаграммы будут правильными.

Эквивалентность получаемых на каждом шаге диаграмм следует, как легко это видеть, из того, что при расклеивании вершин множество историй маршрутов через диаграмму сохраняется [5].

Однозначность полученной диаграммы следует из того, что любая вершина диаграммы, к которой не применим общий шаг, содержит лишь правильные вершины. По утверждению 2 такая диаграмма является однозначной.

Отметим, что применение предложенной процедуры  $\beta$  может преобразовывать исходную диаграмму в различные однозначные диаграммы.

Действительно, рассмотрим диаграмму, изображенную на рис. 3. а). Одна из возможных однозначных диаграмм, которую можно получить, используя процедуру  $\beta$ , изображена на рис. 3. г), а ее покрытие на рис. 3. д). Другую однозначную диаграмму можно получить, используя следующую последовательность вершин являющихся неправильными: 1, 3, 2. Такое приведение диаграммы к однозначному виду приведено на рис. 4. а), б), в). Покрытие полученной однозначной диаграммы изображено на рис. 4. д).

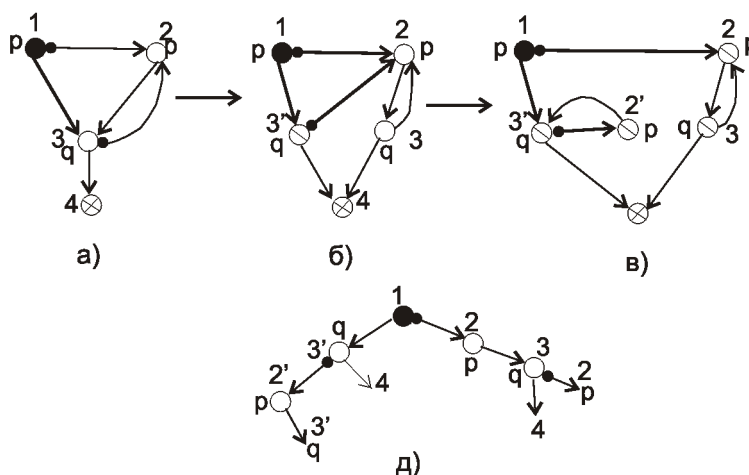


Рис. 4

Разобранный пример показывает, что результат применения процедуры  $\beta$  зависит от выбранного порядка рассмотрения вершин претендующих на правильные.

Покажем, каким образом можно ускорить выполнение процедуры, т.е. проверить правильность вершины.

Пусть  $a$  и  $b$  вершины, принадлежащие некоторому маршруту через диаграмму, причем из вершины  $a$ , в вершину  $b$  ведет дуга. Вершину  $a$ , назовем *предшественницей* вершине  $b$ , если любой маршрут, ведущий в вершину  $b$ , непременно проходит через вершину  $a$  ( $a < b$ ).

**Утверждение 4.** Если вершина  $a$  правильная и  $a < b$ , то вершина  $b$  также является правильной.

Действительно, если  $a < b$ , то в вершину  $b$  не могут вести параллельные маршруты, а значит, вершина  $b$  является правильной.

При реализации процедуры  $\beta$  можно оптимизировать общий шаг. При рассмотрении отмеченной правильной вершины  $a$ , из которой выходит дуга, направленная в неисследованную на правильность вершину  $b$ , в случае, когда  $a < b$ , по утверждению 4 вершину  $b$  необходимо объявить правильной и пометить. На рис.4. показано, что применение такого подхода уменьшает размеры однозначной диаграммы, а значит и ее покрытия.

В заключение отметим, что предложенная процедура  $\beta$  применима и в том случае, когда рассматриваются сильно эквивалентные диаграммы, т.е. обычные конечные детерминированные автоматы.

### Литература

1. Подловченко Р.И., Хачатрян В.Е. Метод трансформационного распознавания эквивалентности в моделях вычислений // 8-ой Междунар. сем. Дискретная математика и ее приложения. Москва, МГУ. 2004. С. 38-43.



2. Подловченко Р.И., Хачатрян В.Е. Об одном подходе к разрешению проблемы эквивалентности // Программирование. 2004. № 3. С. 3-20.
3. Подловченко Р.И., Айрапетян М.Г. О построении полных систем эквивалентных преобразований схем программ // Программирование, 1996. № 1. С. 3-29.
4. Bird R. The equivalence problem for deterministic two-tape automata // J. of Computer and System Science, 1973, 7, № 4. p. 218-236.
5. Хачатрян В.Е. Полная система эквивалентных преобразований для многоленточных автоматов // Программирование. 2003. №1. С.62-77.

## MODELS OF CALCULATIONS WITH UNEQUIVOCAL COVERING

V.E. KHACHATRYAN  
Y.G. VELIKAYA

**Belgorod State University**

**e-mail: velikaya@bsu.edu.ru**

Models of calculations are considered: the final determined and multitape automatic devices. Procedure of construction on any automatic device of model to it equivalent with a unequivocal covering is described.

Key words: Model of calculations, the final determined device, the multitape automatic device.

## О СВОЙСТВАХ СОБСТВЕННЫХ ВЕКТОРОВ СУБПОЛОСНЫХ МАТРИЦ

**А.А. ЧЕРНОМОРЕЦ**  
**Е.И. ПРОХОРЕНКО**  
**В.А. ГОЛОЩАПОВА**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: chernomorets@bsu.edu.ru*

В работе описаны свойства субполосных матриц, используемых при оптимальной фильтрации изображений на основе частотных представлений. Приведены результаты экспериментальных исследований эффективности метода оптимальной фильтрации с учетом свойств субполосных матриц

Ключевые слова: субполосная матрица, обработка изображений, собственный вектор, фильтрация

### **Введение**

В настоящее время внимание к методам цифровой обработки изображений возрастает в связи с тенденцией использования в информационно-телекоммуникационных системах визуальных данных в качестве естественной формы информационного обмена. Необходимость использования естественных форм обмена информацией в виде визуальных данных определяется наличием общественных потребностей по обработке, хранению и передаче различных сведений, что предъявляет постоянно возрастающие требования к методам цифровой обработки изображений с позиций восприятия визуальной информации человеком.

При анализе и обработке изображений существенное значение имеет решение проблемы выделения (фильтрации) почти-периодических компонент изображения, характеризующихся проявлением повышенной концентрации спектральной энергии [1] изображения в отдельных частотных интервалах. Путем фильтрации почти-периодических компонент изображения можно решать различные задачи, например: повышение качества изображения, заданного с низким разрешением, за счет сглаживания, "размывания" изображения; понижение резкости тонких линий; выявление шума, т.е. колебаний яркости высокой частоты и малой амплитуды; выявление границ объектов, т.е. колебаний яркости высокой частоты и большой амплитуды. Как показано в [2], наиболее эффективно данная задача решается в частотной области. В работе [3] был предложен новый метод фильтрации изображений, который является оптимальным в том смысле, что спектр получаемого в результате фильтрации изображения имеет наименьшее среднеквадратическое отклонение от спектра фильтруемого изображения в заданном двумерном частотном интервале, а вне этого интервала имеет наименьшее отклонение от нуля. Приведем основные моменты данного вариационного метода оптимальной линейной фильтрации изображений на основе частотных представлений и его модификацию, позволяющую снизить вычислительную сложность метода, используя свойства субполосных матриц.

### **Метод оптимальной линейной фильтрации изображений на основе частотных представлений**

Изображение будем рассматривать в виде матрицы  $\Phi = (f_{ik})$ ,  $i=1,2,\dots,M$ ,  $k=1,2,\dots,N$ , элементы  $f_{ik}$  которой представляют собой значения яркости в точках  $(i,k)$  некоторой плоскости. Двумерная частотная область  $\Omega$  (субинтервал), в которой осуществляется фильтрация с помощью вариационного метода оптимальной фильтрации, определяется выражением

$$\Omega: \{ \Omega(u,v) \mid (u \in [\alpha_1, \alpha_2], v \in [\beta_1, \beta_2]) \cup (u \in [\alpha_1, \alpha_2], v \in [-\beta_2, -\beta_1]) \cup (u \in [-\alpha_2, -\alpha_1], v \in [-\beta_2, -\beta_1]) \cup (u \in [-\alpha_2, -\alpha_1], v \in [\beta_1, \beta_2]) \}, 0 \leq \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2 \leq \pi, \quad (1)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$  – границы частотного субинтервала.

Очевидно, что определенная данным образом частотная область  $\Omega$  – симметричная.

Пусть  $F(u, v)$ ,  $Z(u, v)$  – Фурье-преобразования исходного изображения  $\Phi = (f_{ik})$ ,  $i=1, 2, \dots, M$ ,  $k=1, 2, \dots, N$ , и некоторого изображения  $Y_\Omega = (y_{ik})$ ,  $i=1, 2, \dots, M$ ,  $k=1, 2, \dots, N$ , которое может быть получено в результате выполнения фильтрации исходного изображения в двумерной частотной области  $\Omega$  (выделение некоторой компоненты, энергетический спектр которой содержится в выбранной частотной области  $\Omega$ ):

$$F(u, v) = \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^N f_{ik} e^{-ju(i-1)} e^{-jv(k-1)}, \quad Z(u, v) = \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^N y_{ik} e^{-ju(i-1)} e^{-jv(k-1)},$$

где переменные  $u, v$  определены в области  $[-\pi, \pi]$  (нормированная частота).

Рассмотрим функционал

$$S_0(F, Z) = (1 - \beta) \iint_{(u, v) \in \Omega} |F(u, v) - Z(u, v)|^2 du dv + \beta \iint_{(u, v) \notin \Omega} |Z(u, v)|^2 du dv, \quad (2)$$

который может служить в качестве меры отклонения энергетического спектра выделяемой компоненты от энергетического спектра исходного изображения в заданном частотном интервале и отклонения от нуля вне этого интервала. При этом с помощью параметра  $\beta$  можно придавать различные весовости указанным двум составляющим введенной меры. Изучим случай, когда весовости обеих составляющих введенной меры (2) совпадают, то есть при  $\beta=0,5$ .

Под оптимальной фильтрацией в частотной области  $\Omega$  понимается процесс выделения компоненты  $Y_\Omega$  изображения  $\Phi$ , удовлетворяющей некоторому вариационному принципу. Этот вариационный принцип заключается в том, что энергетический спектр преобразования  $Z(u, v)$  компоненты  $Y_\Omega$  должен наилучшим образом аппроксимировать энергетический спектр преобразования  $F(u, v)$  исходного изображения в смысле минимума евклидовой нормы, т.е. на основании введенной меры отклонения (2) имеем

$$S(F, Z) = \iint_{(u, v) \in \Omega} |F(u, v) - Z(u, v)|^2 du dv + \iint_{(u, v) \notin \Omega} |Z(u, v)|^2 du dv \Rightarrow \min, \quad (3)$$

то есть спектр  $|Z(u, v)|$  полученного изображения в области  $\Omega$  практически совпадает со спектром  $|F(u, v)|$  исходного изображения, а вне области  $\Omega$  близок к нулю.

В работе [3] показано, что для нахождения результата фильтрации  $Y_\Omega$  изображения  $\Phi$  в частотной области  $\Omega$ , оптимального в смысле указанного вариационного принципа (3), следует использовать выражение, которое в матричной форме имеет вид

$$Y_\Omega = A^T \cdot \Phi \cdot B, \quad (4)$$

где  $A = (a_{i_1 i_2})$ ,  $i_1, i_2 = 1, 2, \dots, M$ , и  $B = (b_{k_1 k_2})$ ,  $k_1, k_2 = 1, 2, \dots, N$ , – субполосные матрицы [4], соответствующие выбранному частотному субинтервалу  $\Omega$  (1), элементы которых определяются следующими соотношениями

$$a_{i_1 i_2} = \begin{cases} \frac{\sin(\alpha_2(i_1 - i_2)) - \sin(\alpha_1(i_1 - i_2))}{\pi(i_1 - i_2)}, & i_1 \neq i_2, \\ \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\pi}, & i_1 = i_2, \end{cases} \quad b_{k_1 k_2} = \begin{cases} \frac{\sin(\beta_2(k_1 - k_2)) - \sin(\beta_1(k_1 - k_2))}{\pi(k_1 - k_2)}, & k_1 \neq k_2, \\ \frac{\beta_2 - \beta_1}{\pi}, & k_1 = k_2. \end{cases}$$

Значение отдельного элемента изображения  $Y_\Omega$ , полученного в результате оптимальной фильтрации изображения  $\Phi$ , определяется выражением

$$y_{\Omega mn} = \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^N f_{ik} a_{im} b_{kn}. \quad (5)$$

Метод оптимальной фильтрации, основанный на применении выражения (4), имеет вычислительную сложность порядка  $O(M^2 N^2)$ . Снизить вычислительную слож-

ность данного метода оптимальной фильтрации позволяет использование свойств субполосных матриц.

**Свойства собственных чисел и собственных векторов субполосных матриц в задаче обработки изображений**

В работе [5] было показано, что элементы субполосных матриц  $A$  и  $B$  представимы в виде

$$a_{i_1 i_2} = \sum_{i_a=1}^M \lambda_{A i_a} q_{A i_1 i_a} q_{A i_2 i_a}, \quad b_{k_1 k_2} = \sum_{k_b=1}^N \lambda_{B k_b} q_{B k_1 k_b} q_{B k_2 k_b},$$

где

$$\lambda_{A1}, \lambda_{A2}, \dots, \lambda_{AM} \quad \text{и} \quad \lambda_{B1}, \lambda_{B2}, \dots, \lambda_{BN},$$

$$\vec{q}_{A1}, \vec{q}_{A2}, \dots, \vec{q}_{AM} \quad \text{и} \quad \vec{q}_{B1}, \vec{q}_{B2}, \dots, \vec{q}_{BN}$$

собственные числа и соответствующие собственные векторы данных матриц. Будем считать, что значения собственных чисел упорядочены по убыванию, т.е.

$$\lambda_{A1} \geq \lambda_{A2} \geq \dots \geq \lambda_{AM}, \quad \lambda_{B1} \geq \lambda_{B2} \geq \dots \geq \lambda_{BN}.$$

Выражение (5) может быть преобразовано к следующему виду:

$$y_{\Omega mn} = \sum_{i_a=1}^M \sum_{k_b=1}^N \lambda_{A i_a} \lambda_{B k_b} \cdot q_{A m i_a} \left( \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^N q_{A i i_a} f_{ik} q_{B k k_b} \right) q_{B n k_b}. \quad (6)$$

Субполосные матрицы также можно представить в виде [6]

$$A = Q_A L_A Q_A^T, \quad (7)$$

$$B = Q_B L_B Q_B^T, \quad (8)$$

где столбцы матриц  $Q_A$  и  $Q_B$  составлены из значений собственных векторов матриц  $A$  и  $B$  соответственно, т.е.

$$Q_A = (\vec{q}_{A1}, \vec{q}_{A2}, \dots, \vec{q}_{AM}), \quad Q_B = (\vec{q}_{B1}, \vec{q}_{B2}, \dots, \vec{q}_{BN}),$$

матрицы  $L_A$  и  $L_B$  – квадратные матрицы, на главной диагонали которых расположены значения их собственных чисел, т.е.

$$L_A = \text{diag}(\lambda_{A1}, \lambda_{A2}, \dots, \lambda_{AM}), \quad L_B = \text{diag}(\lambda_{B1}, \lambda_{B2}, \dots, \lambda_{BN}).$$

Подставив выражения (7), (8) в выражение (4), получим следующее выражение для определения результата оптимальной фильтрации с использованием значений собственных чисел и собственных векторов субполосных матриц

$$Y_{\Omega} = Q_A L_A Q_A^T \Phi Q_B L_B Q_B^T. \quad (9)$$

Интерес представляет визуализация вектора собственных чисел и матрицы собственных векторов  $Q$  отдельной субполосной матрицы, соответствующей некоторому частотному интервалу.

При практических расчетах область нормированных частот разбивается на прямоугольные частотные интервалы  $\Omega_{r1, r2}$ ,  $r1=1, 2, \dots, R_a$ ,  $r2=1, 2, \dots, R_b$ , (вдоль координатных осей частотного пространства выбирается конкретное количество  $R_a$  и  $R_b$  частотных отрезков).

При визуализации значений собственных чисел и матрицы собственных векторов субполосной матрицы в качестве примера были выбраны следующие значения: количество частотных интервалов было выбрано равным 16, размеры изображения выбраны 128x128 пикселей. На рис. 1, 2 значения собственных чисел приведены в виде диаграммы, матрицы собственных векторов – в виде изображения. На данных рисунках приведены значения, соответствующие 1-му и 2-му частотным интервалам, на которые разбита координатная ось частот.

Результаты, отображенные на рис. 1, 2 и в табл. 1, показывают, и данный факт подтвержден многочисленными экспериментами, что значения собственных чисел, начиная с некоторого номера близки к нулю, и практически совпадают у различных матриц.



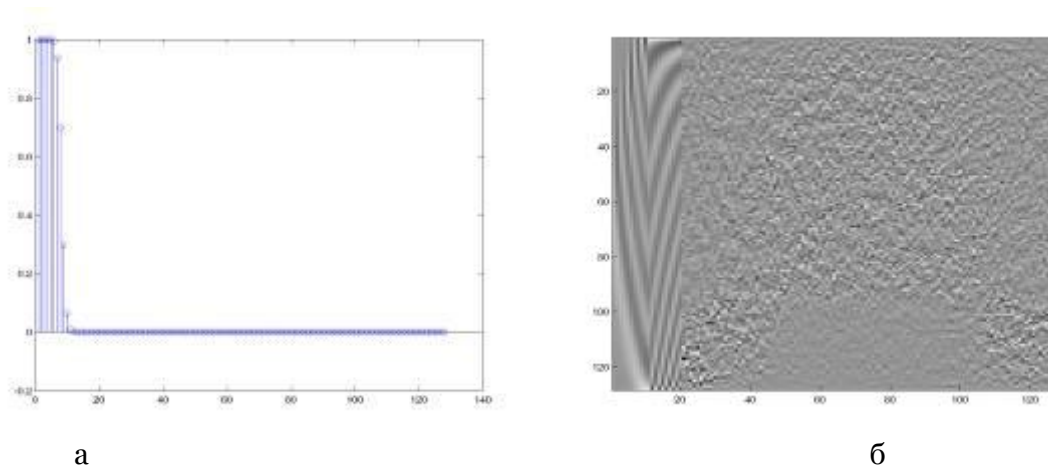


Рис. 1. Визуализация значений собственных чисел и матрицы собственных векторов субполосной матрицы, соответствующей 1-му частотному интервалу:  
а – значения собственных чисел, б – матрицы собственных векторов в виде изображения

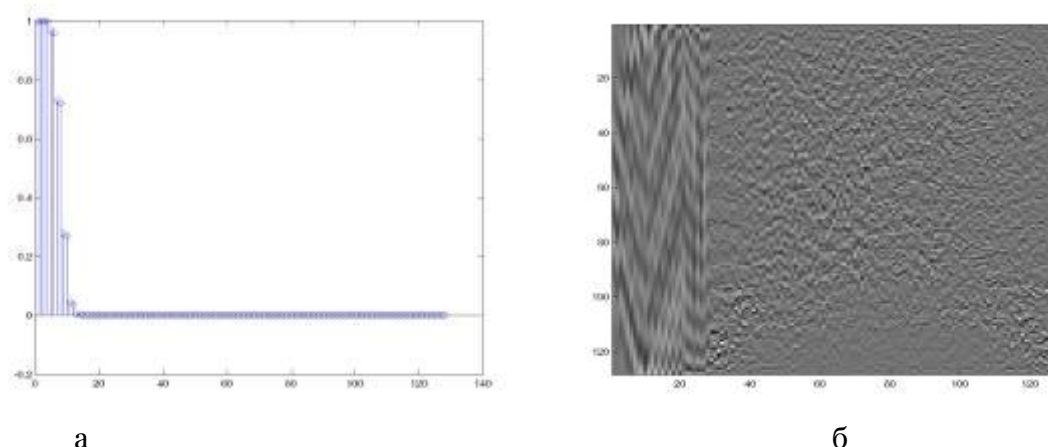


Рис. 2. Визуализация значений собственных чисел и матрицы собственных векторов субполосной матрицы, соответствующей 2-му частотному интервалу:  
а – значения собственных чисел, б – матрицы собственных векторов в виде изображения

В табл. 1 приведены численные значения некоторых собственных чисел субполосных матриц, соответствующих различным частотным интервалам (количество частотных интервалов – 16, размеры изображения – 128×128 пикселей).

Рассмотрим величины  $J_a$  и  $J_b$ , позволяющие выделить ненулевые собственные числа субполосных матриц,

$$J_a = 2 \left\lceil \frac{M}{2R_a} \right\rceil + 2 \quad \text{и} \quad J_b = 2 \left\lceil \frac{N}{2R_b} \right\rceil + 2,$$

где операция [выражение] означает операцию взятия целой части «выражения».

В работе [6] показано, что при  $J_a \geq 6$  и  $J_b \geq 6$  собственные числа матриц  $A$  и  $B$  обладают следующими свойствами:

$$\lambda_{A1} \approx \lambda_{A2} \approx \lambda_{A3} \approx \lambda_{A4} \approx 1, \quad \lambda_{A, J_a+k} \approx 0, \quad k = 1, 2, \dots$$

и

$$\lambda_{B1} \approx \lambda_{B2} \approx \lambda_{B3} \approx \lambda_{B4} \approx 1, \quad \lambda_{B, J_b+k} \approx 0, \quad k = 1, 2, \dots,$$

то есть величины  $J_a$  и  $J_b$  определяют количество ненулевых собственных чисел матриц  $A$  и  $B$  соответственно.



Таблица 1

Значения первых 12 собственных чисел субполосных матриц,  $N=128$ 

№ частотного интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	0.999	0.993	0.937	0.699	0.299	0.064	0.008	0.001
2	1	1	0.998	0.997	0.964	0.958	0.729	0.72	0.276	0.268	0.045	0.037
3	1	1	0.998	0.998	0.961	0.959	0.724	0.721	0.275	0.272	0.043	0.041
4	1	1	0.998	0.998	0.96	0.959	0.723	0.722	0.275	0.274	0.043	0.042
5	1	1	0.998	0.998	0.96	0.959	0.723	0.722	0.275	0.274	0.043	0.042
6	1	1	0.998	0.998	0.96	0.959	0.722	0.722	0.275	0.274	0.043	0.043
7	1	1	0.998	0.998	0.96	0.959	0.722	0.722	0.275	0.274	0.043	0.043
8	1	1	0.998	0.998	0.96	0.96	0.722	0.722	0.274	0.274	0.043	0.043

Таким образом, в соответствии с (7) и (8), с достаточной степенью обоснованности для матриц  $A$  и  $B$  можно использовать следующую аппроксимацию при условии разбиения области определения трансформанты Фурье на  $R_a$  и  $R_b$  частотных интервалов вдоль координатных осей

$$A \approx Q_{1A} L_{1A} Q_{1A}^T, \\ B \approx Q_{1B} L_{1B} Q_{1B}^T,$$

где

$$Q_{1A} = (\bar{q}_{A1}, \bar{q}_{A2}, \dots, \bar{q}_{AJ_a}), \quad Q_{1B} = (\bar{q}_{B1}, \bar{q}_{B2}, \dots, \bar{q}_{BJ_b}), \\ L_{1A} = \text{diag}(\lambda_{A1}, \lambda_{A2}, \dots, \lambda_{AJ_a}), \quad L_{1B} = \text{diag}(\lambda_{B1}, \lambda_{B2}, \dots, \lambda_{BJ_b}).$$

С учетом ненулевых собственных чисел субполосных матриц  $A$  и  $B$  выражение для определения результата оптимальной фильтрации принимает вид

$$Y_{1\Omega} = Q_{1A} L_{1A} Q_{1A}^T \Phi Q_{1B} L_{1B} Q_{1B}^T. \quad (10)$$

Для определения значения отдельного элемента результата фильтрации на основании соотношения (10) можно использовать следующее выражение

$$y_{1\Omega mn} = \sum_{i_a=1}^{J_a} \sum_{k_b=1}^{J_b} \lambda_{Ai_a} \lambda_{Bk_b} \cdot q_{Ami_a} q_{Bnk_b} \Gamma_{i_a k_b}, \quad (11) \\ m = 1, 2, \dots, M, \quad n = 1, 2, \dots, N,$$

где

$$\Gamma_{i_a k_b} = \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^N q_{Ai i_a} f_{ik} q_{Bk k_b}.$$

Выражения (9) и (10) определяют новый инструмент нахождения результатов оптимальной фильтрации изображений на основе частотных представлений, не использующий прямое и обратное преобразования Фурье, учитывающий свойства субполосных матриц. Использование выражения (10) позволяет существенно сократить количество вычислительных операций по сравнению с выражением (9), не снижая точности вычислений.

### Вычислительные эксперименты

С целью сравнения точности вычислений результатов фильтрации изображений с помощью методов, основанных на реализации выражений (9) и (10) был проведен ряд экспериментов.

В ходе вычислительных экспериментов по фильтрации модельного изображения, было получено среднеквадратическое отклонение приближенного результата фильтрации в частотном субинтервале с номерами (1,1) на основании соотношения (10), использующего свойства собственных чисел субполосных матриц, относительно точного результата фильтрации выбранного изображения в том же частотном субинтервале (соотношение (9)). В рассматриваемом примере в процессе вычислений

количество частотных интервалов по обеим координатным осям выбрано одинаковым, равным  $R$ . Размерность исследуемого изображения  $N \times N$ ,  $N=256$ , пикселей. Для конкретного значения  $R$  найденные точный и приближенный результаты фильтрации образуют соответственно матрицы (изображения)  $Y_0$  и  $Y_E$ , размерности  $N \times N$ . Значение среднеквадратического отклонения  $\delta_1$ , определено на основании следующего выражения

$$\delta_1 = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N (Y_{0ik} - Y_{Eik})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N Y_{0ik}^2}}. \quad (12)$$

Для найденных точного и приближенного результатов фильтрации  $Y_0$  и  $Y_E$  также были найдены доли энергии в каждом частотном интервале, значения вычисленных долей энергий образуют матрицы  $P_{Y_0}$  и  $P_{Y_E}$ . Для матриц долей энергий найдено среднеквадратическое отклонение  $\delta_2$ , определенное на основании следующего выражения

$$\delta_2 = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \sum_{k=1}^R (P_{Y_{0ik}} - P_{Y_{Eik}})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^R \sum_{k=1}^R P_{Y_{0ik}}^2}}. \quad (13)$$

Значения среднеквадратических отклонений  $\delta_1$  и  $\delta_2$ , соответствующие различным значениям количества частотных интервалов  $R$ , приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Среднеквадратическое отклонение значений  
долей энергии изображений  $Y_0$  и  $Y_E$**

	Количество частотных интервалов $R$					
	2	4	8	16	32	64
Среднеквадратическое отклонение $\delta_1$	0.0021	0.0025	0.0023	0.0017	0.0012	0.00071
Среднеквадратическое отклонение $\delta_2$	3.86e-6	8.37e-6	4.2e-6	2.54e-5	1.35e-5	1.19e-5

### Выводы

Проведенные вычислительные эксперименты демонстрируют достаточную точность вычисления результатов фильтрации при использовании ненулевых собственных чисел субполосных матриц и соответствующих им собственных векторов.

Использование свойств собственных чисел и собственных векторов субполосных матриц позволяет существенно снизить вычислительную сложность предлагаемого вариационного метода оптимальной фильтрации изображений.

### Литература

1. Методы компьютерной обработки изображений [Текст] / Под редакцией В.А. Соифера. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 784 с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.
3. Жилияков, Е.Г. Оптимальная фильтрация изображений на основе частотных представлений [Текст] / Е.Г. Жилияков, А.А. Черноморец // Вопросы радиоэлектроники. – Сер. ЭВТ, 2008. – Вып. 1. – С. 118-131.
4. Жилияков, Е.Г. Методы анализа и построения функций по эмпирическим данным на основе частотных представлений [Текст] / Е.Г. Жилияков – Белгород, изд-во БелГУ, 2007. – 160 с.



5. Жиляков, Е.Г. Метод определения точных значений долей энергии изображений в заданных частотных интервалах [Текст] / Е.Г. Жиляков, А.А. Черноморец, И.В. Лысенко // Вопросы радиоэлектроники. – Сер. РЛТ, 2007. – Вып. 4. – С. 115-123.

6. Жиляков, Е.Г. Вариационные методы частотного анализа звуковых сигналов [Текст] / Е.Г. Жиляков, С.П. Белов, Е.И. Прохоренко // Труды учебных заведений связи. – СПб, 2006. – № 174. – С. 163-170.

## ABOUT PROPERTIES OF SUBBAND MATRICES EIGENVECTORS

A.A. CHERNOMORETS

E.I. PROKHORENKO

V.A. GOLOSCHAPOVA

*Belgorod State University*

*e-mail: chernomorets@bsu.edu.ru*

The properties of subband matrices used in the optimal image filtration on the basis of frequency representations are described in the work. Results of experimental investigations of efficiency of the optimal filtration subject to subband matrices properties are given

Key words: subband matrix, image processing, eigenvector, filtration

## ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ПОЛЕЗНОГО КОМПОНЕНТА ПРИ МОРФОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ГЕОСТРУКТУР

**П.В. ВАСИЛЬЕВ**

*Белгородский государственный  
университет*

*e-mail: vassiliev@bsu.edu.ru*

В работе предложен метод повышения точности решения главной геодезической задачи и способ натурной проверки его работоспособности.

Ключевые слова: главная геодезическая задача, погрешность расчета длины дуги, эллиптический интеграл

### **Введение**

При обработке и анализе изображений для определения формы и установления взаимосвязей между отдельными составляющими объектов используются методы математической морфологии [0]. Базовыми операциями математической морфологии, основанной на теории случайных множеств и интегральной геометрии [0], являются: дилатация, при которой к объектам добавляется слой пикселей; и эрозия, как противоположность дилатации, при которой структурный элемент снимает слой пикселей с объектов. В 3D случае, когда модель представлена в виде массива двумерных изображений, расширение объектов при дилатации и сжатие при эрозии происходит послойно за счет соответствующего добавления или удаления вокселей (объемных аналогов пикселей). Варьирование размеров и формы структурных элементов, а также подбор числа итераций, позволяют найти оптимальную последовательность операций фильтрации исходного изображения в решении задач классификации и распознавания образов.

В свою очередь, в технологии добычи и переработки полезных ископаемых эффективность работы горного предприятия напрямую зависит от полноты и качества извлекаемых запасов сырья. Методические указания [0] для месторождений твердых полезных ископаемых с различной геометрией рудных тел (угол наклона, мощность, размеры добычного оборудования и т.п.) регламентируют такие соотношения эксплуатационных потерь и разубоживания (потери качества), которые минимизируют экономический ущерб. Исходя из действующих правил охраны недр, имеющих технико-экономические возможности и экономических критериев обосновываются нормативы планируемых потерь и засорения извлекаемого полезного ископаемого.

В данной работе устанавливается связь операций математической морфологии, используемых для фильтрации изображений, с технологическими операциями экскавации горной массы, приводящими к потерям и засорению полезного ископаемого. Рассматривается морфологический метод автоматической оценки количества и качества извлекаемого компонента на изображениях сечений дискретной модели геоструктуры.

### **Метод решения**

Рассмотрим дискретную модель геоструктуры  $G(x, y, z, c)$ , полученную с помощью интерполяции рассеянных точек данных опробования. Определим для фазы  $V$  произвольного изображения  $U$  горизонтального сечения модели следующие операции математической морфологии:

Дилатация (Dilation) фазы  $V$  структурным элементом  $u$ :

$$V \oplus u = \{p \mid (u) \cap V\}. \quad (1)$$

Эрозия (Erosion) фазы  $V$  структурным элементом  $\varepsilon$ :

$$V \ominus \varepsilon = \{p \mid (\varepsilon)p \subset V\}. \quad (2)$$

Кроме того, Открытие (Opening) фазы  $V$  структурным элементом  $\varepsilon$  последовательным применением операций эрозии и дилатации:

$$V \circ \varepsilon = (V \ominus \varepsilon) \oplus \varepsilon. \quad (3)$$

Закрытие (Closing) фазы  $V$  структурным элементом  $\varepsilon$  последовательным применением операций дилатации и эрозии:

$$V \bullet \varepsilon = (V \oplus \varepsilon) \ominus \varepsilon. \quad (4)$$

Здесь  $\oplus$  и  $\ominus$  операции сложения и вычитания множеств по Минковскому;  $(\varepsilon)p$  – трансляция структурного элемента  $\varepsilon$  вектором  $p$ , т.е.

$$(\varepsilon)p = \{v + p \mid v \in \varepsilon\}, \forall p \in R^3. \quad (5)$$

На рис. 1 показаны результаты применения операций дилатации и эрозии к отдельному объекту рудной фазы  $V$  (черный цвет) при размере структурного элемента  $\varepsilon = 3 \times 3$  пикселя.

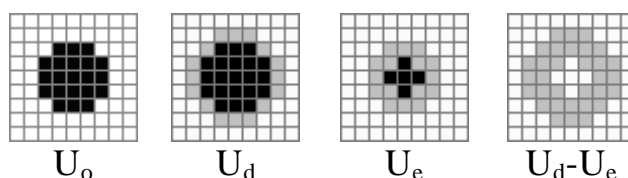


Рис. 1. Изображения сечения рудного тела:  $U_o$  – исходный объект;  $U_d$  – дилатация;  $U_e$  – эрозия;  $U_d - U_e$  – общий слой эрозии и дилатации

Определим массу компонента в зоне контакта. Для подсчета площади дилатации  $S_d$  или эрозии  $S_e$  необходимо выполнить операции логического вычитания отфильтрованных изображений и умножить полученное число пикселей в слое на их реальную площадь  $s$  в масштабе маркшейдерского плана горных работ, отображаемую отдельным пикселем:

$$S_d = s (U_d - U_o); \quad S_e = s (U_o - U_e). \quad (6)$$

Чтобы в общей массе  $Q$  полезной рудной фазы найти массу потерь компонента  $Q_d$  в слое дилатации в предположении о равновероятной выборке материала из зоны контакта, следует умножить площадь слоя на высоту  $h$  (расстояние между изображениями горизонтальных сечений воксельной модели):

$$Q_d = 0.5 h \bar{c} \bar{\rho} S_d = 0.5 h \bar{c} \bar{\rho} s (U_d - U_o) = 0.5 h s \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij}(x, y) \rho_{ij}(x, y), \quad (7)$$

где  $\bar{c}$  – среднее содержание полезного компонента; плотность материала  $\rho$ ;  $M, N$  – размеры изображения по  $x$  и  $y$ ;  $c_{ij}(x, y)$  – содержания в буфере цвета;  $\rho_{ij}(x, y)$  – плотность в буфере кадра;  $i, j$  – текущие индексы пикселя в изображении слоя дилатации.

Аналогичным образом определим массу засорения  $Q_e$  в слое эрозии.

При уменьшении размера структурного элемента или числа итераций зона эрозии и дилатации объектов сужается, что отражает реальное положение дел при ведении горных работ вдоль контактов «руда-порода».

На рис. 2(а) показана зона эрозии и дилатации для рудной фазы  $V$  (черный цвет), представляющей чистую долю  $QV$  балансовой руды массой  $Q_B$  (черный и серый цвет). Пунктиром показаны границы зоны, материал которой массой  $Q_{VW}$  с некоторой долей вероятности  $G(c)$  может попасть в экскавацию и стать частью суммарной добытой товарной руды  $Q_D = Q_{VW} + QV$ . На рис. 2(б) показана соответствующая функция  $G(c)$  вероятности извлечения полезного компонента в товарную руду при заданном размере структурного элемента в форме круга.

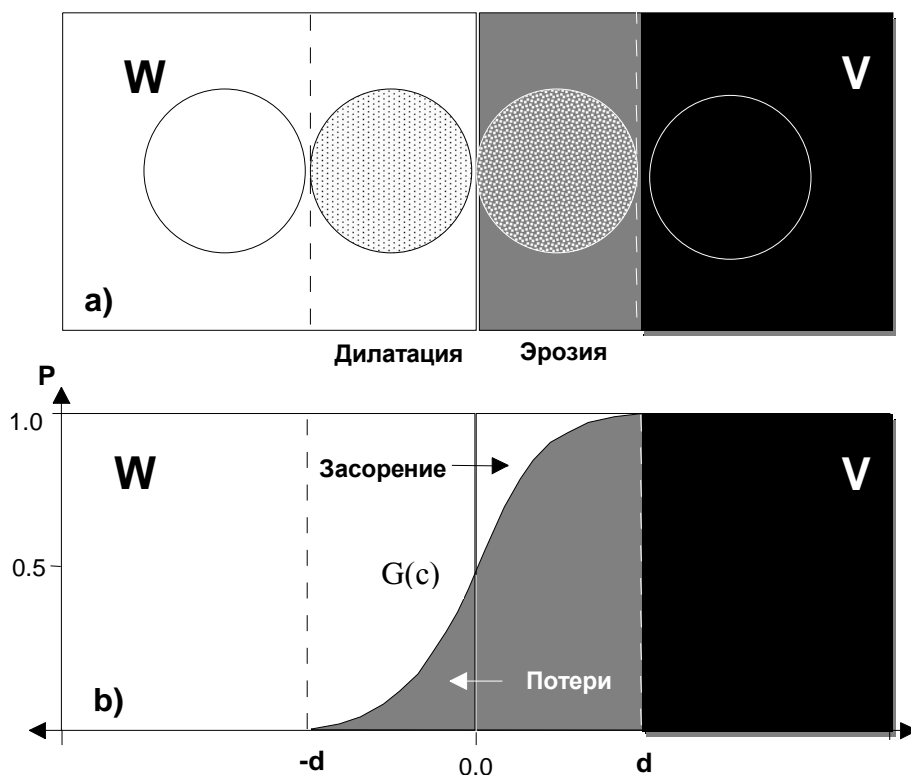


Рис. 2. Формирование качества сырья на контакте руда-порода при заданном размере  $d$  селективной выемки: а) область дилатации и эрозии материала; б) функция извлечения  $G(c)$  для нормального распределения вероятностей отбора

В идеальном процессе разделении материала при минимальном размере структурного элемента  $v$  в один пиксель функция извлечения  $G(c)$  будет иметь ступенчатый вид с порогом в точке контакта. При этом потери и засорение будут равны нулю. Однако на практике обеспечить выемку материала точно по геологическим границам невозможно по многим причинам, в том числе из-за сложной морфологии тел, разлета и перемешивания кусков пород при взрыве, большого габарита добычного оборудования и т.д. В общем случае порционная выемка горной массы из зоны контакта в диапазоне расстояний  $[-d, d]$  от границы может быть описана нормальным законом распределения вероятностей:

$$G(c) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{c_w}^{c_v} \exp\left(-\frac{(c-\bar{c})^2}{2\sigma^2}\right) dc, \quad (7)$$

где  $c$  – содержание компонента в бесконечно малой порции выемки;  $c_v$  – содержание компонента в балансовой руде;  $c_w$  – содержание компонента в забалансовой руде или пустой породе;  $\bar{c}$  – среднее содержание полезного компонента;  $\sigma^2$  – дисперсия содержания.

Для морфологического анализа по интерполяционной модели используется дискретная форма функции Гаусса  $G_k(c)$ ,  $\forall k \in [1..K]$ , где  $K$  – число классов качества, задаваемых концентрацией. В итоге интегральные показатели извлечения полезного компонента определяться по следующим формулам.

Потери полезного компонента или металла:

$$P = 1 - \frac{Q_d c_a}{Q_B c_b}. \quad (8)$$

Потери качества в результате засорения (разубоживание):

$$P = \frac{c_a - c_b}{c_b}. \quad (9)$$



Засорение:

$$З = \frac{Q_P}{Q_D}, \quad (10)$$

где  $C_a$  – содержание полезного компонента в погашенных балансовых запасах;  $C_b$  – содержание полезного компонента в добытом рудном сырье с учетом функции вероятности извлечения (7);  $Q_D$  – масса добытого сырья;  $Q_P$  – масса примешанной забалансовой руды и пустой породы;  $Q_B$  – масса балансовой руды.

Получение рабочего изображения или растровой карты осуществляется для каждого горизонта путём дискретизации каркасной модели месторождения, представленной 3D диаграммой Вороного, с помощью быстрой интерполяции по методу естественных соседей [0].

Алгоритм оценки потерь полезного компонента на основе морфологического подхода включает следующие основные шаги:

Ввести точки данных опробования и точки поверхности горной выработки

Построить каркасную модель с диаграммой Вороного точек опробования, объединенную с полигональными поверхностями раздела сред, геологических границ и структурных нарушений.

Интерполировать значения содержаний проб в узлы регулярной решетки блочной модели или растровой карты по методу естественных соседей [133], построив воксельный аналог каркасной модели.

Применить вспомогательные морфологические операции открытия (3) и закрытия (4) и градиентную фильтрацию изображений для удаления малообъемных рудных тел (не удовлетворяющих кондициям).

Выполнить  $n$  итераций операции дилатации и эрозии полезной фазы  $V$  на дискретном изображении сечения  $i$ -го горизонта и заданного структурного элемента  $u$  до достижения необходимой ширины  $d$  полос потерь и засорения.

Применить операции логического вычитания изображения  $U_d$ ,  $U_e$  из оригинального изображения сечения  $U$  для определения качества (в буфере цвета) и количества (числа точек растра) извлекаемой горной массы в зонах дилатации и эрозии.

По формулам (8)-(10) рассчитать интегральные показатели извлечения руды и полезного компонента – потери ( $\Pi$ ), засорение ( $З$ ) и разубоживание ( $P$ ).

Варьировать уровень бортового содержания полезного компонента  $s$  для изменения положения и конфигурации контакта «руда-порода» на изображении сечения

Сравнить оценку ожидаемых потерь  $\Pi$  с фактическими (измеренными прямым или косвенным методами в соответствии с нормативами) и оптимизировать качество и количество выхода товарной руды.

Перейти к изображению  $U_{i+1}$  нового горизонтального сечения

Вывести результаты в целом по месторождению.

При расчете потерь и засорения на сечениях текущих рабочих горизонтов ведения горных работ, выходящих на поверхность уступов, методика предусматривает возможность подключения специальных методов математической морфологии, разработанных для распознавания размеров кусков породы взорванной горной массе в навалах [133]. Это предполагает использование изображений лазерного 3D сканирования, оцифрованных цветных снимков или стереофотограмметрии соответствующих участков.

### **Программная реализация**

С целью прогнозирования ожидаемых показателей и оптимизации извлечения на реальных моделях эксплуатируемых месторождений была разработана программа выполнения морфологических расчетов. Процедуры и классы методов математической морфологии на языке C++ имеются во многих библиотеках с открытым исходным кодом: GR32, Filters, OpenCV, CGAL и др. В настоящей работе использованы объекты TDilate и TErode библиотеки Graphics32 v.1.8.3 ([www.gr32.org](http://www.gr32.org)) и функции фильтрации изображений библиотеки Filters (<http://filters.sourceforge.net/>) для компилятора CodeGear C++Builder.





В диалоге программы задаются абсолютные размеры структурного элемента круговой формы, соответствующие объему экскаваторной выемки горной массы (SMU – Selective Mining Unit), и число итераций для достижения установленных кондиций. После выполнения операций Erode и Dilate в зонах контакта «порода-руда» вычисляются количество и качество материала в сечении дискретной модели месторождения. Затем определяются интегральные показатели ожидаемых показателей извлечения: потери, засорение и количество чистых фаз руды  $V$  и породы  $W$ . Далее рассчитываются относительные величины: коэффициент потерь, степень разубоживания и степень раскрытия полезного компонента. Наконец, варьируя бортовое содержание полезного компонента в кондиционной руде, а также путём смещения границы разделения порций выборки от линии контакта в сторону больших или меньших потерь (см. рис.2.б) находятся оптимальные показатели извлечения полезного компонента.

Несмотря на большое число шагов алгоритма расчет выполняется в автоматическом режиме по макрокомандам сценария. В качестве графического ускорителя использована плата NVIDIA GeForce 260 GTX.

### **Выводы**

Разработан новый метод автоматической оценки потерь полезного компонента при эксплуатации рудных месторождений, основанный на операциях математической морфологии. Приведена схема расчета интегральных показателей извлечения (ожидаемых потерь, коэффициента засорения, разубоживания и степени раскрытия ценной минеральной фазы) в зависимости от размера структурного элемента, объема селективной выборки и числа итераций дилатации и эрозии.

Предложен алгоритм оптимизации потерь и засорения путём варьирования уровня концентрации ценного компонента в руде, размера структурного элемента (единичного объёма селективности выемки) и расстояния между картами сечений – высоты горизонта или уступа при открытой добыче рудного сырья. Не учитываются возможные потери отбитого ископаемого за пределами выработанного пространства. Метод обобщен на случай многокомпонентного минерального сырья.

### **Лителатура**

1. Serra J. Image Analysis and Mathematical Morphology. London: Academic Press, 1981. 280 p.
2. Матерон Ж. Случайные множества и интегральная геометрия. М.: Мир, 1978, 318 с.
3. Викторов А. С. Основные проблемы математической морфологии ландшафта. М.: Наука, 2006, 252 с.
4. Отраслевая инструкция по определению, нормированию и учету потерь и разубоживания руды и песков на рудниках и приисках Министерства Цветной Металлургии СССР. – М.: 1975г., 25 с.
5. Thurley M., Andersson T. An industrial 3D vision system for size measurement of iron ore green pellets using morphological image segmentation. Minerals engineering, Vol. 21, No. 5, 2008, pp.405-415.
6. Sung W. Park, Lars Linsen, Oliver Kreylos, John D. Owens, Bernd Hamann. Discrete Sisson Interpolation. IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics, Vol. 12, No. 2, 2006.

## **EVALUATION OF MINING LOSSES AND COMPONENT DILUTIONS WITH MORPHOLOGICAL IMAGE ANALYSIS OF GEOLOGICAL STRUCTURES**

In this paper the discrete volumetric model for the mineral deposit is represented as a stack of images or raster maps of horizontal geological sections with different ore sorts.

P.V. VASSILIEV

*Belgorod State University*

*e-mail: vassiliev@bsu.edu.ru*

Key words: mathematical morphology, image analysis, structural element, modeling of deposits, discrete representation, field of concentration, mining recovery, erosion and dilation, losses and dilutions

---

# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

---

УДК 004.78:656.13

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АППАРАТА ТЕОРИИ ВЫБОРА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

**С.В. БЕЛОКУРОВ**  
**В.И. СУМИН**

*Воронежский институт  
Министерства внутренних  
дел Российской Федерации*

*e-mail: Vorhmscl@comch.ru*

Решения многоцелевых оптимизационных транспортных задач являются достаточно сложными в реализации. Трудности определяются не количеством целей оптимизации, а множеством конфликтующих вариантов решения достижения различных целей. Данная работа рассматривает проблематику применения аппарата теории выбора для организации управления автотранспортными потоками в рамках системного подхода к решению многоцелевых оптимизационных транспортных задач.

Ключевые слова: алгоритм, автотранспортные потоки, векторные схемы, моделирование, оптимизация, теория выбора.

Транспортная система представляет собой сложный комплекс взаимоувязанных технических, инфраструктурных и организационных элементов. Оптимальная организация и управление дорожным движением потоков автотранспортных средств обеспечиваются выбором наилучшего их варианта для конкретной ситуации. Решение подобных оптимизационных задач связано с многокритериальностью и, следовательно, их сложностью в принятии решений.

В последние годы в развитии технологий управления автотранспортными потоками все большую актуальность приобретают модели поддержки принятия решения в условиях неопределенности и наличия конфликта, в основе которых лежат эффективные адаптивные процедуры, построенные на основе интерактивного диалога с пользователем. Это связано с тем, что исследуемые системы описываются достаточно большим количеством присущих им признаков и индивидуальных свойств, которые вступают в процессе функционирования в сложные зависимости между собой.

В то же время в настоящее время активно развивается новое научное направление – теория выбора, позволяющая строить эффективные функции и механизмы выбора на множестве любой мощности, учитывать структуру и специфические его особенности, оценивать на ранних стадиях принятия решения эффективность работы того или иного способа выбора, принимать обоснованные и взвешенные решения, привлекая помимо мощного математического аппарата богатый опыт экспертов.

Следует полагать, что функция выбора представляет собой наиболее естественное, универсальное и удобное для анализа описание концепции выбора. Отсюда – целесообразность выражения в терминах функций выбора результатов, формируемых на других языках теории принятия решений.



Рассмотрим проблематику применения аппарата теории выбора для организации управления автотранспортными потоками. Формализация отбора решений на итерациях поиска на языке теории выбора, является одним из принципиально новых подходов, в том числе к исследованию численных схем многокритериальной оптимизации (МКО), позволяющим строить эффективные человеко–машинные алгоритмы, перенастраивать их на любом этапе, что дает мощное средство гибкого управления процессом поиска и принятия решений.

Выбор можно также характеризовать его свойствами. Требования к рациональному решению обычно формулируются в виде набора аксиом. Аксиоматический язык используется в теории групповых решений для определения понятий "справедливость", "согласованность" и в теории игр для определения понятий "равновесие", "компромисс" [1].

Языки принятия решений можно разделить на два класса – языки концепций выбора и языки механизмов выбора. Концепции выбора ставят в соответствие каждой ситуации набор "лучших" решений или набор свойств "лучших" решений. Язык механизмов – это язык алгоритмов выбора. На языке концепций отвечают на вопрос "что выбирать", на языке механизмов – "как выбирать". Язык функций выбора и аксиоматический язык – это языки концепций выбора, язык математического программирования и язык бинарных отношений – примеры языков механизмов выбора.

Рассмотрим множество  $H$  – как некоторое множество вариантов решения  $\{x, y, \dots\}$ .  $X \subseteq H$  – непустое множество  $H$ , предъявленное для выбора,  $C(X) = Y \subseteq X$  ( $Y \neq \emptyset$ ) – выбор из  $X$  по некоторому правилу  $C$  части вариантов. Это правило и называют функцией выбора. С позиции теории выбора общая формальная модель задачи выбора может быть представлена в виде:

$$C(\bullet) : \{X\} \rightarrow \{X\}, \{X\} \subseteq 2^H, \forall X \subset \{X\} \quad C(X) = Y, \quad (1)$$

где  $H$  – множество рассматриваемых вариантов  $\{x, y, \dots\}$ ,  $X \subseteq H$  – непустое множество  $H$ , предъявленное для выбора,  $C(X) = Y \subseteq X$  ( $Y \neq \emptyset$ ) – выбор из  $X$  по некоторому правилу  $C$  части вариантов,  $Y \subseteq X$ .

Сам процесс выбора рассматривается как "черный ящик", на вход которому поступает множество рассматриваемых альтернатив  $X \subseteq H$ , называемое предъявлением, а на выходе получается множество  $Y \subseteq X$  выбранных альтернатив, называемое выбором. Таким образом, функция выбора определяет "внешнее" описание процесса выбора.

В свою очередь "внутреннее" описание, т. е. описание того, как множество  $Y$  выделяется из  $X$ , определяется механизмом выбора, обозначаемый через  $M = \langle \sigma, \pi \rangle$ , где  $\sigma$  – структура на множестве  $X$  (совокупность сведений, в том числе полученных от ЛПР, обо всех рассматриваемых вариантах из  $X$ , позволяющих сравнивать эти варианты), а  $\pi$  – правило выбора, которое указывает как, используя структуру  $\sigma$ , получить  $Y$  из  $X$ . Механизмы, порождающие одинаковую функцию выбора  $C(X)$  являются эквивалентными.

Функции выбора чаще сводятся к двум основным заданиям [1]:

1) "поэлементное задание", т.е. множество  $Y = C(X) \subseteq X$  – это набор элементов, удовлетворяющих условиям:

$$C(X) = \{y \in X \mid \Pi\}, \quad (2)$$

где  $\Pi$  – некоторый оператор, формализующий условие выбора;

2) "целостное задание", т.е.  $C(X) = \{Y \subseteq X \mid \Pi\}$  есть некоторое подмножество множества  $X$ , которое в отличие от других его подмножеств удовлетворяет некоторому требованию  $\Pi$ .

Механизмы выбора чаще представляются двумя компонентами: "структура" и "правило" выбора. При обеих формах выражения для  $C(X)$  выделение  $Y$  из  $X$  опирает-



ся на некоторую заранее заданную совокупность сведений о вариантах  $X$ , помимо данного исходного множества  $H$ .

Любая формализация таких сведений, используемая при описании механизма выбора, называется структурой и обозначается символом  $\sigma$ . В качестве примера можно привести шкалы критериальных оценок, или бинарные отношения, т.е. "структуры предпочтений". Каждый механизм выбора  $M$  характеризуется, во первых, заданием структуры  $\sigma$ , и, во вторых, правилом выбора  $\pi$ , которое указывает – как построить множество  $C(X)$ , для любого  $\{x \in H^0\}$ , на основе данной структуры  $\sigma$ . Здесь  $H^0 = 2^H \setminus \{\emptyset\}$ , т.е. множество всех непустых подмножеств  $H$ ,  $|H|$  – мощность  $H$ .

Если используется определение "поэлементной" формы выбора, то правило выбора  $\pi$  – это то, что записано в виде оператора  $\Pi$ , т.е. можно формализовать правило выбора в "поэлементной" форме:

$$\pi: y \in X \mid \Pi. \quad (3)$$

Аналогично в "целостной" форме:

$$\pi: Y \subseteq X \mid \Pi, \quad (4)$$

где:  $\Pi$  – оператор выбора, в обоих случаях формализующий условие, которому удовлетворяют элементы  $\{y\}$ , или множества  $Y$ , выделяемые правилом  $\pi$ .

При этом в (4) корректное определение  $\pi$  требует, чтобы выражение на месте многоточий единственным образом определяло множество  $Y$ , при любом допустимом значении  $X$ .

В зависимости от сформированной структуры  $\sigma$  на множестве  $A$  рассматриваемых альтернатив, все многообразие механизмов выбора можно разделить на три класса: парнодоминантные, однокритериально-экстремизационные и многокритериально-экстремизационные механизмы выбора [1].

У парнодоминантных механизмов выбора  $M = \langle \sigma, \pi \rangle$  в качестве структуры  $\sigma$  выступают бинарные отношения разрешения ( $R_p$ ) или запрещения ( $R_z$ ), а в качестве правила выбора:

$$\text{для отношения } R_p - \pi: x \in C(X) \Leftrightarrow (\forall y \in X \quad x R_p y); \quad (5)$$

$$\text{для отношения } R_z - \pi: x \in C(X) \Leftrightarrow (\nexists y \in X: y R_z x). \quad (6)$$

Отношения  $R_p$  и  $R_z$  являются обратно дополнительными, т.е.  $R_p = \overline{R_z}^{-1}$ ,  $R_z = \overline{R_p}^{-1}$ .

В зависимости от ограничений, накладываемых на бинарные отношения  $R_p$  и  $R_z$ , выделяют следующие уровни парнодоминантного механизма выбора [1]: если  $R_p$  или  $R_z$  – ациклические отношения, то парнодоминантный механизм выбора  $M$  имеет уровень 1; если  $R_p$  или  $R_z$  – ациклические и транзитивные отношения, называемые качественным порядком, строгим частичным порядком [1], то парнодоминантный механизм выбора  $M$  имеет уровень 2; если  $R_p$  или  $R_z$  – ациклические, транзитивные и отрицательно-транзитивные отношения, то механизм выбора  $M$  имеет уровень 3; если  $R_p$  или  $R_z$  – отношения сильного порядка, то механизм выбора  $M$  имеет уровень 1 – 2 – 3.

Функция выбора, порождаемая парнодоминантным механизмом выбора:

– уровня 1 – удовлетворяет одновременно условиям наследования (Н) и согласия (С), то есть

$$\forall X, X' \quad X' \subseteq X \Rightarrow C(X') \supseteq C(X) \cap X', \quad (7)$$



$$\forall X', X'' \quad X = X' \cup X'' \Rightarrow C(X) \supseteq C(X') \cap C(X''); \quad (8)$$

– уровня 2 – условиям: наследования (Н), согласия (С) и независимости от отбрасывания отвергнутых вариантов (О), то есть

$$\forall X, X' \quad C(X) \subseteq X' \subseteq X \Rightarrow C(X') = C(X); \quad (9)$$

– уровня 3 – условию константности (К):

$$\forall X, X' \quad X' \subseteq X \Rightarrow \begin{cases} \text{если } C(X) = \emptyset, & \text{то } C(X') = \emptyset, \\ \text{если } C(X) \cap X' \neq \emptyset, & \text{то } C(X') = C(X) \cap X'; \end{cases} \quad (10)$$

– уровня 1-2-3 – условиям наследования (Н), отбрасывания (О) и константности (К).

У однокритериально-экстремизационных механизмов выбора  $M = \langle \sigma, \pi \rangle$  в качестве структуры  $\sigma$  выступает критериальная шкала, то есть некоторая числовая ось  $\varphi$ , на которую отображено множество  $X$ , позволяющая приписать каждому варианту  $x \in X$  число  $\varphi(x)$ , соответствующее той точке шкалы  $\varphi$ , в которую отображен вариант. При этом если на шкале нет точек, в которых размещено более одной альтернативы, то шкала называется строгой. В качестве  $\pi$  используют следующее правило:

$$\pi: x \in C(X) \Leftrightarrow x = \arg \min \varphi(x), \quad (11)$$

или, что эквивалентно (11):  $\pi: x \in C(X) \Leftrightarrow (\nexists y \in X \mid \varphi(y) < \varphi(x))$ , либо  $\pi: x \in C(X) \Leftrightarrow (\forall y \in X \mid \varphi(x) \leq \varphi(y))$ .

Если бинарное отношение запрещения  $R_3$  записать как  $y R_3 x \Leftrightarrow \varphi(y) < \varphi(x)$ , то однокритериально-экстремизационный механизм выбора по любой критериальной шкале сводится к парнодоминантному механизму выбора, то есть является парнодоминантно представимым.

Однокритериально-экстремизационный механизм выбора используется в аксиоматических методах, где роль структуры  $\sigma$  на множестве альтернатив  $A$  играет функция полезности, в ряде прямых методов (принцип гарантированного уровня, принцип абсолютной уступки, принцип выделения главного критерия и др.), в методах скаляризации вектора показателя качества альтернатив. В последнем случае в качестве структуры  $\sigma$  выступает свертка, реализуемая скалярной функцией  $\varphi$ , сопоставляющей векторной оценке качества  $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$  каждого решения скалярную интегральную оценку качества  $\varphi(x)$ .

Многокритериально-экстремизационные механизмы выбора используются в тех случаях, когда из допустимого множества альтернатив необходимо выделить подмножество недоминируемых вариантов. В качестве структуры  $\sigma$  здесь выступает вектор показателей качества  $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ , а в качестве  $\pi$  используется правило выбора Парето:

$$\pi: x \in C(X) \Leftrightarrow (\forall y \in X \quad \forall j \quad x_j \leq y_j \wedge \exists j_0 \mid x_{j_0} < y_{j_0}). \quad (12)$$

Если бинарное отношение разрешения  $R_p$  записать как  $x R_p y \Leftrightarrow (\forall j \quad x_j \leq y_j \wedge \exists j_0 \mid x_{j_0} < y_{j_0})$ , то можно убедиться, что оно является ациклическим и транзитивным, но не отрицательно-транзитивным отношением и многокритериально-экстремизационный механизм выбора совпадает с классом парнодоминантных механизмов уровня 2.

В [1] рассматривается и, так называемый, механизм выбора с нечувствительностью (механизм интервального выбора), являющийся обобщением однокритериально-



экстремизационного механизма. В этом случае при сравнении оценок  $\varphi(x)$  и  $\varphi(y)$  показателей качества вариантов решений  $x, y \in A$  имеется допуск (зона нечувствительности)  $\varepsilon \geq 0$  такой, что  $y$  превосходит  $x$  лишь при условии  $\varphi(y) - \varphi(x) > \varepsilon$ . Правило выбора  $\pi$  записывают в следующем виде:

$$\pi: y \in C(X) \Leftrightarrow (y \in X \wedge \bar{\exists} x \in X | \varphi(x) - \varphi(y) > \varepsilon). \quad (13)$$

Любой механизм выбора лучших вариантов по шкале с нечувствительностью является парнодоминантно представимым механизмом. Широкое распространение получил многокритериальный механизм выбора с нечувствительностью  $\varepsilon = \varepsilon(y)$ . В качестве структуры  $\sigma$  в нем выступают вектор оценок показателей качества  $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ , и набор функций  $\{\varepsilon_j\}$ ,  $\varepsilon_j \geq 0$ ,  $j = \overline{1, m}$ , характеризующих "нечувствительность" ЛПР по оценкам показателей качества сравниваемых альтернатив. Правило выбора  $\pi$  записывается в виде:

$$\pi: y \in C(X) \Leftrightarrow (y \in X \wedge \bar{\exists} x \in X | \forall j = \overline{1, m}: x_j - y_j > \varepsilon_j). \quad (14)$$

Предложим механизмы выбора, отвечающие сформулированным выше требованиям, которые могут быть применены в задачах организации управления авто-транспортными потоками.

*Паретовский механизм выбора.* Является наиболее универсальным и распространенным механизмом выбора для оптимизационных векторных численных схем [1]. Определяется вектор – функцией критериев  $\{Q_i(X)\}_{i=1}^n$ :

$$M_{\text{Par}}(X) = \{X_{\text{Par}} \subseteq X | \bar{\exists} Y \subseteq Y: Q_i(Y) \geq Q_i(X_{\text{Par}}), i = \overline{1, n}\}. \quad (15)$$

Механизм выбора (15) позволяет быстро выделить множество недоминируемых вариантов решения (множество Парето) и часто носит название "безусловного критерия предпочтения" (БКП) [1-3]. В многошаговых векторных схемах часто наблюдается существенный рост мощности множества Парето на итерациях поиска. Поэтому наиболее эффективным является использование данного механизма в комбинациях с другими, позволяющими проводить оценку множества Парето вторично.

Известно [1], что необходимыми и достаточными условиями применимости данного механизма является одновременное выполнение свойств наследования, согласия и отбрасывания.

*Скалярный оптимизационный механизм выбора.* Задаёт выбор лучшего по заданному скалярному критерию качества  $Q^*$ :

$$M_{\text{Skal}}(X) = \{X_{\text{Skal}} \subseteq X | X_{\text{Skal}} = \arg \max Q^*(X)\}, \quad (16)$$

где  $Q^*$  – выбранный ЛПР "главный" критерий, который наиболее объективно реализует поставленные в задачи цели оптимизации.

Часто удается в (16) рассмотреть не всю совокупность критериев оптимизации, а один, или несколько наиболее важных. Такие аналитические свертки экономят время вычислений и упрощают исходную задачу. Однако любое упрощение ухудшает некоторый "истинный" результат, поэтому применение этого механизма следует делать тщательно проверив другие варианты.

В качестве условий применимости обязательным условием является наличие информации о критериях оптимизации, причем информации должно быть достаточно для того, чтобы как можно более объективно выделить "главный" критерий, а на остальные назначить критериальные ограничения.

*Лексико-графический механизм выбора.* Определяется некоторой вектор – функцией качественных оценок решений  $F$ , в которую входит назначаемый ЛПР вектор полезности решений, позволяющий упорядочить их по важности, с точки зрения поставленной задачи:



$$M_{\text{Extra}}(X) = \{X_{\text{Extra}} \in X \mid X_{\text{Extra}} = \arg \max F(X)\}. \quad (17)$$

В соотношении (17), предлагается конкретизировать вид функции  $F$ , используя эффективные модели экстраполяции экспертных оценок [1]. Типичная область применения данного механизма – взаимодействие с ЛПР, в ситуациях выбора. В качестве условия применимости данного механизма выбора, можно выделить наличие качественной информации о параметрах оптимизации, возможность задания степени важности того или иного варианта решения, т.е. полноценного привлечение аппарата экспертных оценок на любых этапах оптимизации.

Практические и теоретические исследования показали [1-3], что использование рассмотренных выше функций и механизмов выбора для принятия решений при моделировании автотранспортных систем позволило более равномерно распределять транспортные потоки на улично-дорожной сети, повысить уровень безопасности движения, снизить число дорожно-транспортных происшествий и время задержек, увеличить среднюю скорость сообщений, уменьшить уровень шума, улучшить санитарно-гигиеническое состояние воздушного бассейна, позволить экономить топливо и снизить расходы на содержание дорог, а также создало другие комфортные условия для участников пешеходного и транспортного движения.

### Литература

1. Белокуров, С. В. Модели выбора недоминируемых вариантов в численных схемах многокритериальной оптимизации [Текст] / С. В. Белокуров, Ю. С. Сербулов, Ю. В. Бугаев. – Воронеж: Научная книга, 2005. – 199 с.
2. Белокуров, С. В. Построение инвариантных функции выбора и исследование вероятностных характеристик для бинарных отношений на множестве Парето [Текст] / С. В. Белокуров // Системы управления и информационные технологии. – 2008. – № 1. – С. 25-29.
3. Белокуров, С. В. Выбор решений на итерациях поиска в численных векторных схемах при моделировании транспортных систем [Текст] / С. В. Белокуров // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2008. – № 4. – С. 46-49.

## PROBING OF POSSIBILITY OF APPLICATION OF APPARATUS OF THE DECISION THEORY FOR MANAGING MOTOR TRANSPORTATION STREAMS

S.V. BELOKUROV  
V.I. SUMIN

*Voronezh institute of the  
Ministry of Internal Affairs  
of the Russian Federation*

*e-mail: Vorhmscl@comch.ru*

Solutions of multipurpose optimisation transportation problems are complicated enough in implementation. Difficulties are determined not by an amount of the purposes of optimisation, and set of clashing candidate solutions of reaching of the various purposes. The given operation considers a problematics of application of a means of a decision theory for the handle organisation motor transportation streams within the limits of a systems approach to solution of multipurpose optimisation transportation problems.

Keywords: algorithm, motor transportation streams, vectorial circuits, modelling, optimisation, a decision theory

## АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

**И.С. КОНСТАНТИНОВ**  
**О.А. ИВАЩУК**

*Орловский государственный  
технический университет*

*e-mail: ivascuk@orel.ru*

Устойчивое развитие регионов России базируется на повышении качества жизни населения и обеспечении экологической безопасности всех отраслей экономики. В работе представлена модель автоматизированной системы управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса, адаптированная к текущим изменениям в объекте управления и внешней среде, что обеспечивается созданием новой модели объекта управления и введением экспертно-информационной системы, наделенной свойствами искусственного интеллекта.

Ключевые слова: адаптивное управление, автоматизированная система управления, экологическая безопасность, промышленно-транспортный комплекс, экспертно-информационная система.

Состояние современных промышленных предприятий и транспорта играет огромную роль в формировании уровней экономического, научно-технического и социального развития любого государства. Одновременно промышленно-транспортный комплекс (ПТК) является важнейшим источником негативного техногенного воздействия на природную сферу [1,2].

Природа, экономика и общество в целом составляют единую систему, каждый из элементов которой развивается по своим специфическим законам, однако все они взаимосвязаны и взаимодействие осуществляется по замкнутому циклу, схема которого представлена на рис. 1.



Рис. 1. Замкнутый цикл взаимодействия природы, экономики и общества

Следует отметить, что до определенного момента различные отрасли экономики (в том числе ПТК) могли развиваться без учета своего влияния на окружающую среду (ОС). При незначительных масштабах производственной деятельности природа в большинстве случаев выступала как универсальный реактор, перерабатывающий отходы в продукты, вовлекаемые в различные естественные процессы. В настоящее время даже ранее «безвредные» технологические и бытовые отходы стали губительными для природной сферы, вступили с ней в конфликт и наносят значительный ущерб.





Вышесказанное определяет необходимость создания эффективной системы управления экологической безопасностью (ЭБ) ПТК, в которой принятие управленческих решений и реализация конкретных регулирующих мероприятий должны быть научно обоснованными, опираться на достоверную информацию о фактическом и прогнозном состоянии природной среды и ПТК, адекватную происходящим в них изменениям.

В работе [3] предложена модель объекта управления (объекта ЭБ ПТК) как природно-технической системы, состоящей из двух относительно самостоятельных взаимосвязанных подсистем:

- непосредственно *ПТК*, который является источником негативного техногенного воздействия на ОС и определяет мощность и качественные особенности этого воздействия;
- части самой ОС, а именно *компонентов природной среды*, которым наносится ущерб в результате деятельности объектов промышленности и транспорта на рассматриваемой территории, и в которых происходит распространение и накопление загрязнений различного вида.

При этом, в свою очередь, произведена декомпозиция подсистемы ПТК на две составляющие, отличающихся способами и условиями образования и выбросов загрязнений: *стационарные источники ПТК* – предприятия промышленности и транспорта, функционирующие на рассматриваемой территории, и *передвижные источники ПТК* – транспортные средства.

Такой подход обусловлен особенностями современного развития регионов России, связанными с высокими темпами роста численности автотранспорта по всей территории страны, особенно на ее европейской части [4], и соответствующим увеличением его влияния на формирование качества компонентов природной среды.

В результате для обеспечения ЭБ ПТК лицам, ответственным за принятие решений и реализацию рациональных управляющих воздействий, необходимо иметь для рассмотрения все альтернативные сценарии управления, связанные с регулированием, как производственных параметров стационарных источников, так и транспортных параметров, определяющих уровень выбросов от автотранспорта,

Автоматизация процесса управления позволит решить полный спектр задач, связанных с обеспечением его результативности. Следует особо отметить, что это не только использование автоматизированных приборов контроля и наблюдения за уровнем ЭБ ПТК, но и, прежде всего, обеспечение оперативной реакции основных (проблеморазрешающих) компонентов системы управления на текущие изменения в объекте управления (его составляющих), в субъекте управления и во внешней среде.

На рис. 2 показана общая структура предлагаемой автоматизированной системы управления (АСУ) ЭБ ПТК.

Компоненты вектора состояния  $X$  объекта управления (объекта ЭБ ПТК), а также измеряемые параметры внешних воздействий ( $\omega, \omega', \omega''$ ) контролируются *Системой экомониторинга*. Результат измерений – вектор  $Y$ . В данной подсистеме АСУ также осуществляется предварительная оценка текущего состояния ПТК с точки зрения его ЭБ, результат которой в виде вектора  $X'$  поступает в управляющую систему, а также (вместе с вектором  $Y$ ) в *экспертно-информационную систему* (ЭИС), наделенную свойствами искусственного интеллекта.

На уровне ЭИС определено генерирование динамичных моделей, обеспечивающих своевременную адаптацию управляющей системы и системы экомониторинга к текущим изменениям, происходящим в объекте управления и во внешней среде (эти изменения отражаются составляющими векторов  $X'$  и  $Y$ ).

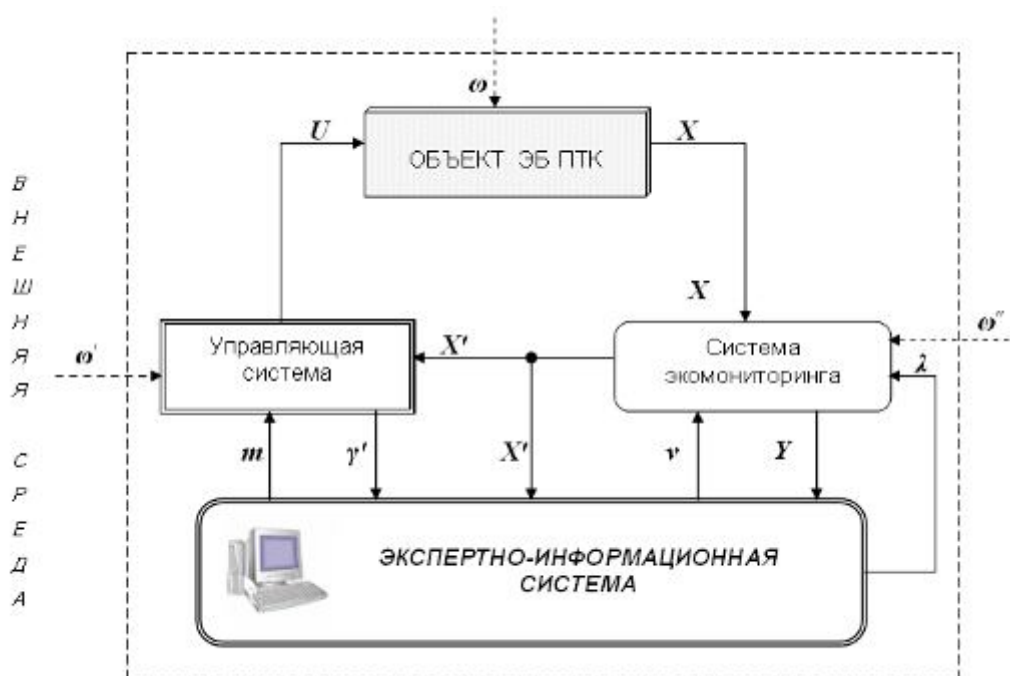


Рис. 2. Общая структура АСУ ЭБ ПТК

По каналам информационных потоков  $m$  в систему принятия решений для выработки научно обоснованных управленческих решений поступают альтернативные сценарии управления, сформированные в ЭИС на основании прогноза развития экологической ситуации (сложившейся при воздействии объектов ПТК на ОС рассматриваемой территории) и интегральной оценки результатов этого прогноза. Потоки обратной связи  $\gamma'$  предоставляют результаты выбора для практической реализации конкретных сценариев управления, рациональных как с экологической, так и с экономической точки зрения. Вектор  $U$  – это результирующие управляющие воздействия, оказываемые на объект управления, которые изменяют состояние вектора  $X$ .

Потоки информации  $\lambda$  (поступающие от ЭИС в Систему экомониторинга) – это результаты моделирования рациональной (в данных условиях) приборной базы и оптимальной пространственной структуры измерительной сети.

Вектор управляющих информационных потоков  $\nu$  – это модели, необходимые для осуществления оценки фактической экологической обстановки, сформированной в результате воздействия объектов ПТК на ОС рассматриваемой территории.

Обеспечение эффективной выработки всех составляющих векторов  $m$ ,  $\lambda$  и  $\nu$ , необходимых для адаптивного управления объектом ЭБ ПТК и самой АСУ, связано со следующими функциями ЭИС:

- накопление, обработка и хранение данных;
- формирование моделей;
- прогнозирование развития сложившейся экологической ситуации без реализации управляющих воздействий;
- моделирование процессов, происходящих в компонентах природной среды, с учетом существующей и предполагаемой антропогенной нагрузки и возможных результатов управляющих воздействий;
- расчет показателей качества ОС (их изменений) на рассматриваемой территории, параметров ПТК, характеризующих их деятельность как объектов экономики и одновременно определяющих уровень их негативного воздействия на компоненты природной среды, мощности этого воздействия;

- электронное картографирование с визуализацией данных экомониторинга, результатов расчетов и имитационных экспериментов;
- формирование альтернативных сценариев управления для предотвращения или снижения (по возможности, ликвидации) негативного воздействия ПТК на природную сферу рассматриваемой территории;
- обоснование рациональной приборной комплектации и оптимальной сети наблюдения на рассматриваемой территории.

На рис. 3 представлена обобщенная схема функционирования ЭИС как подсистемы АСУ ЭБ ПТК. Она, в свою очередь, включает четыре основные подсистемы:

- *База знаний;*
- *Моделирование;*
- *Поддержка принятия решений;*
- *Настройка контрольно-измерительного блока.*

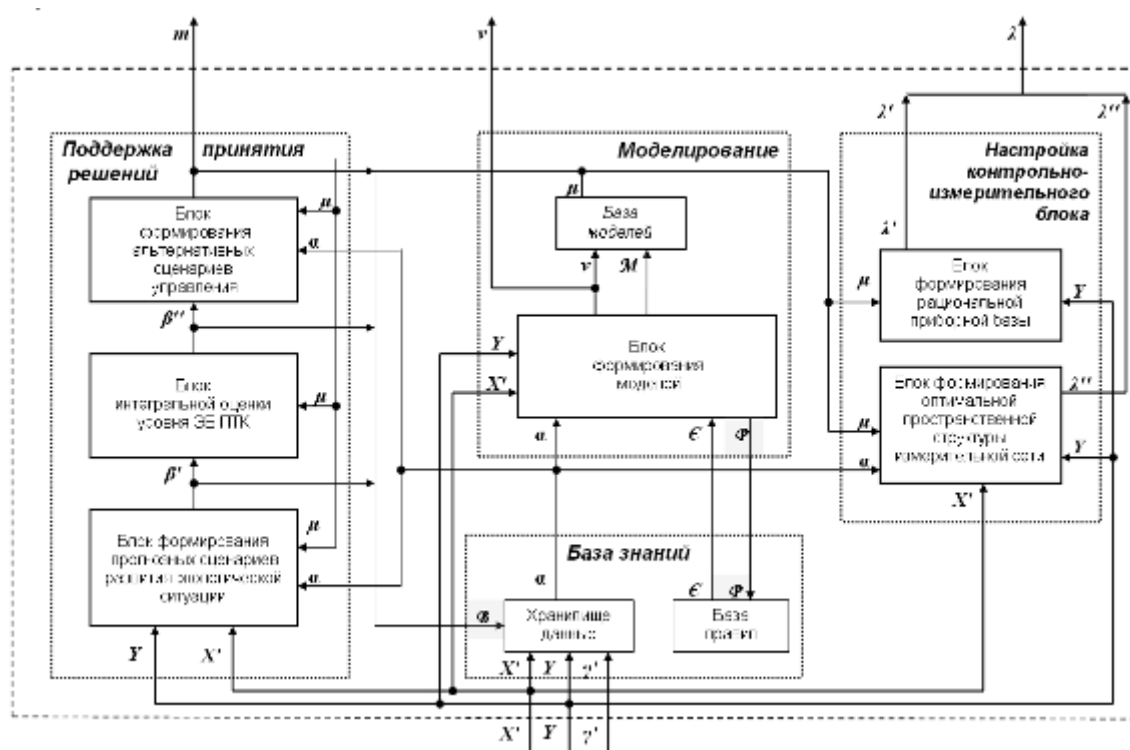


Рис. 3. Схема функционирования ЭИС в составе АСУ ЭБ ПТК

Подсистема ЭИС **База знаний** включает две основные составляющие: *Хранилище данных* и *Базу правил*. Первая объединяет несколько баз и банков с данными, необходимыми для осуществления моделирования, проведения расчетов и имитационных экспериментов и поступающими в виде потоков информации  $\alpha$  в другие блоки ЭИС. Это *Базы данных экомониторинга и официальной статистики*, *Банк данных потенциальных природоохранных мероприятий в ПТК*, которые формируются на основании составляющих векторов  $X'$  и  $Y$ ; *Базы данных расчетов и имитационных экспериментов*, формируемые на основании составляющих вектора  $B$ ; и *Банк результатов выбранных для реализации сценариев управления*, формируемый из составляющих вектора  $Y'$ .

Подсистема **Моделирование** состоит из *Блока формирования моделей* и *Базы моделей*. На уровне первого Блока также функционируют несколько составляющих, в которых генерируются различные математические модели, а также создаются электронные карты. В него поступают необходимые для процесса моделирования



(в т. ч. для переобучения уже созданных моделей) данные из *Хранилища данных* (вектор  $\alpha$ ) и правила из *Базы правил* (вектор  $\epsilon$ ). При этом при выявлении различных причинно-следственных связей могут быть сформулированы новые правила (потoki обратной связи  $P$ ). Информация, поступающая в данный *Блок* с векторами  $X'$  и  $Y$  (о текущем состоянии объекта управления АСУ – объекта ЭБ ПТК, изменениях этого состояния, изменений во внешней среде, влияющих на функционирование самого объекта и подсистем АСУ), позволяет оперативно выявить необходимость разработки новых и корректировки уже созданных моделей. Это играет важную роль при обеспечении адаптивного управления.

Все сформированные модели, предполагаемые для использования подсистемами ЭИС, поступают в виде составляющих вектора  $M$  в *Базу моделей*, откуда они при необходимости поставляются в различные блоки для проведения конкретных расчетов и имитационных экспериментов в виде составляющих вектора  $\mu$ .

Модели для оценки фактического уровня ЭБ ПТК также формируются в *Блоке формирования моделей* и далее поступают в виде составляющих вектора  $v$  в *Систему экомониторинга* АСУ, а также хранятся в *Базе моделей*.

Важнейшая подсистема ЭИС ***Поддержка принятия решений***, на уровне которой формируются и передаются в *Управляющую систему* альтернативные сценарии управления объектом ЭБ ПТК (в виде составляющих вектора  $m$ ), включает, в свою очередь, следующие блоки:

- *Блок формирования прогнозных сценариев развития экологической ситуации*, на уровне которого определяется изменение сложившейся под влиянием объектов ПТК экологической ситуации на рассматриваемой территории (информация из векторов  $X'$  и  $Y$ ) при различных возможных внешних воздействиях (составляющие вектора  $\alpha$ ) без реализации управленческих решений;

- *Блок интегральной оценки уровня ЭБ ПТК*, осуществляемой по спрогнозированному состоянию компонентов природной среды (вектор  $\beta$ );

- *Блок формирования альтернативных сценариев управления*, в котором на основе проведенных оценок и прогнозов (вектор  $\beta'$ ), а также в соответствии с созданными моделями благоприятной экологической обстановки и возможными регулирующими мероприятиями (составляющие вектора  $\alpha$ ) определяются возможные варианты управляющих воздействий и формируются альтернативные сценарии управления ЭБ ПТК.

В каждый из *Блоков* подсистемы ***Поддержка принятия решений*** поступают информационные потоки  $\mu$ , которые, как указывалось выше, представляют собой необходимые для расчетов и имитационных экспериментов модели (математические модели и электронные карты).

Выходы рассмотренных *Блоков*  $\beta'$ ,  $\beta''$  и  $m$  являются составляющими вектора  $V$ , поставляющего информацию в *Хранилище данных*. Данная информация может использоваться как при разработке новых или корректировке, переобучении уже созданных ранее моделей, так и для избежания проведения повторяющихся вычислений, проделанных при уже имеющем место (в прошедший период) состоянии векторов  $X'$  и  $Y$ .

Подсистема ***Настройка контрольно-измерительного блока*** состоит из двух блоков:

- *Блок формирования рациональной приборной базы*, в котором при необходимости (выявляемой по состоянию вектора  $Y$ ) на основе специально разработанной модели (составляющая вектора  $\mu$ ) осуществляется рациональный выбор необходимых приборов из всевозможных альтернатив, предлагаемых на отечественном и зарубежном рынке, а также производится оценка приборного обеспечения, предлагаемого на замену уже используемому;



– Блок формирования оптимальной структуры измерительной сети, в котором при необходимости (определяемой состоянием составляющих векторов  $X'$  и  $Y$ ) осуществляется изменение местоположения или числа постов контроля измерительной сети. Для этого используются прогностические модели (составляющие вектора  $\mu$ ), а также данные из Базы данных экомониторинга (составляющие вектора  $\alpha$ ).

Результаты функционирования данных блоков  $\lambda'$  и  $\lambda''$  являются составляющими вектора  $\lambda$ , поступающего в Систему экомониторинга.

Таким образом, предложена структура АСУ ЭБ ПТК, основанная на новом представлении объекта управления и идее адаптивности к изменениям, происходящим в ОС и самом объекте, реализующейся включением в состав системы ЭИС, которая наделена свойствами искусственного интеллекта и постоянно взаимодействует (оперативный обмен информацией) с другими подсистемами (Управляющей системой и Системой экомониторинга). Это обеспечивает возможность эффективного научно обоснованного управления ЭБ ПТК на любом уровне иерархии административно-территориального деления.

### Литература

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году: государственный доклад [Электронный ресурс]. – М., 2008. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с экрана.
2. Иващук, О.А. Повышение экологической безопасности автотранспорта региона на основе систем мониторинга с использованием интеллектуальных технологий [Текст]: монография / О.А. Иващук. – Орел: изд-во ОрелГАУ, 2008. – 244 с.: ил. – ISBN 978-5-93382-100-7.
3. Иващук, О.А. Управление экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса [Текст] / О.А. Иващук // Известия ОрелГТУ. Информационные системы и технологии. – 2009. – № 1/51(562). – С. 16-22.
4. Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов – 2007. [Текст]: статистический сборник / Росстат. – М., 2008. – 381 с. – ISBN 978-5-89476-239-5.

## ADAPTIVE MANAGEMENT OF ECOLOGICAL SAFETY OF INDUSTRIAL AND TRANSPORT COMPLEX

Steady development of regions of Russia is based on improvement of quality of a life of the population and maintenance of ecological safety of all branches of economy. In the article the model of the automated control system by ecological safety of the industrial and transport complex, adapted to current changes in object of management and an environment that is provided with creation of new model of object of management and introduction of the expert and information system allocated by properties of an artificial intellect is presented.

I.S. KONSTANTINOV  
O.A. IVASHCHUK

*Orel State Technical University*

*e-mail: ivascuk@orel.ru*

Key words: the adaptive management, the automated control system, ecological safety, an industrial and transport complex, the expert and information system.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНВАРИАНТОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ФИНАНСОВЫХ ПОТОКОВ

**М.Ф.ТУБОЛЬЦЕВ**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: Tuboltsev@bsu.edu.ru*

В статье рассматриваются вопросы математического моделирования финансовых потоков кредитного типа, которые широко распространены на практике. Отличительной особенностью постановки рассматриваемой здесь задачи реструктуризации является то, что реструктуризация рассматривается как преобразование финансового потока специального вида. В такой постановке рассмотренная модель адекватно отражает реальную ситуацию, а задача реструктуризации имеет многочисленные применения в математической экономике и финансовой математике. Предложенный алгоритм решения задачи реструктуризации финансовых потоков кредитного типа допускает эффективную реализацию с помощью современных вычислительных средств.

Ключевые слова: финансовые потоки, реструктуризация финансовых операций, реструктуризация долгов, моделирование, компьютерное моделирование.

### **Введение**

В условиях финансового кризиса необходимость реструктуризации финансовых операций возникает постоянно. В большинстве это операции кредитного типа: ипотеки, долгосрочные кредиты, лизинг и т.д. Для них необходимость реструктуризации связана, в первую очередь, с невозможностью выполнения заемщиком графика погашения взятого кредита и, как следствие, пролонгацией выплат. Часто, при этом, меняется также схема выплат. Например, ипотечный кредит первоначально мог погашаться дифференцированными платежами, а после реструктуризации могли измениться не только сроки погашения (в сторону увеличения), но и выплаты могли стать постоянными.

Задача реструктуризации финансовых операций является сложной как в теоретическом, так и практическом плане. В теоретическом аспекте сложность состоит в сохранении баланса интересов кредитора и заемщика, которые плохо поддаются формализации и достигаются путем переговоров. Методика сохранения этого баланса должна быть понятной сторонам, непротиворечивой и максимально простой. Типовым методом решения задачи согласования интересов сторон является использование уравнения эквивалентности платежей [1]. Пусть  $\{S_i\}$ ,  $i=1, \dots, n$  некоторая последовательность платежей, которая должна быть осуществлена в будущем, а  $\{P_j\}$ ,  $j=1, \dots, m$  другая последовательность платежей, которой предполагается заменить первую. Согласно принципу эквивалентности платежей должно выполняться условие:

$$\sum_{i=1}^n S^d_i = \sum_{j=1}^m P^d_j, \quad (1)$$

где верхние значки  $d$  означают, что осуществляется дисконтирование соответствующих платежей на некоторый момент времени.

Существует более общий, системный подход к реструктуризации финансовых операций, частным случаем которого является уравнение эквивалентности платежей [2,3]. Техника системного подхода к реструктуризации основана на использовании функции потока финансовой операции, которая задается следующим образом. Пусть множество упорядоченных пар  $\{(t_i, C_i)\}$   $i=1, \dots, n$  представляет собой последовательное выбытие/поступление финансовых активов на счет юридического или физического лица в размере  $C_i$  (с учетом знака) в некоторые моменты времени  $t_i$ . Функция потока определяется следующей формулой:

$$F(V) = \sum_{i=1}^n C_i V^{t_i - t_1}, \quad (2)$$

где  $n$  – число элементов финансового потока, а  $V$  – множитель дисконтирования, связанный со ставкой дисконтирования. Внутренняя доходность финансового потока определяется как ставка дисконтирования, обращающая в нуль функцию потока.

Реструктуризация финансовой операции осуществляется путем согласованного изменения параметров на основе следующих соотношений:

$$\begin{cases} F(V) = 0 \\ F_R(V) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

где  $F(V)$  – функция потока кредитной операции до реструктуризации, а  $F_R(V)$  – функция потока кредитной операции, после реструктуризации. Из первого уравнения системы (3) определяется внутренняя доходность  $r$  кредитной операции, связанная с множителем дисконтирования простым соотношением:

$$r = \frac{1}{V} - 1. \quad (4)$$

Второе уравнение системы (3) позволяет, зная доходность до реструктуризации, определить параметры реструктурированной операции кредитования. В целом, система (3) является полностью определенной и не требует априорного задания ставки дисконтирования (является замкнутой). Таким образом, сохранение баланса интересов кредитора и заемщика выражается в неизменности доходности кредита после реструктуризации. Следует отметить, что принцип сохранения доходности не является очевидным и интуитивно ясным.

В практическом плане сложность реструктуризации состоит в том, что в случае применения принципа эквивалентности платежей нет теоретически обоснованного способа выбора ставки дисконтирования, а в случае использования принципа сохранения доходности не ясно, какие преобразования реструктуризации финансовых потоков сохраняют внутреннюю доходность.

Далее будет показано, что доходность кредитной операции, при выполнении некоторых дополнительных условий, является инвариантом преобразований реструктуризации. Тем самым, будет дано обоснование принципа сохранения доходности.

### **Теоретический анализ**

Кредитные финансовые операции имеют очень специфическую структуру своих финансовых потоков. Если рассматривать кредитную операцию с точки зрения кредитора, то финансовый поток будет иметь вид

$$F = \{(-D, t_0), (d_1, t_1), \dots, (d_n, t_n)\}, \quad (5)$$

где  $t_0 < t_1 < \dots < t_n$ . Здесь удобнее при индексации элементов потока вести нумерацию с нуля, явно выделив неизменяемую часть потока. В начальный момент времени, накопленный долг составляет величину  $D$  (знак минус показывает, что это расходование финансовых активов кредитора). Остальные элементы положительны, поскольку это приток денег к кредитору. Будем говорить, что финансовый поток  $F$  погашает кредит  $D$ , если после поступления денег в момент времени  $t_n$  долг выплачен полностью (остаток долга равен нулю). Отметим, что начальный размер долга зафиксирован, и в операциях реструктуризации не меняется, т.е. списание долга не производится. Тем самым, при реструктуризации выплат по кредиту меняются только выплаты по кредиту в моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_n$  и, возможно, сами моменты времени, и число выплат  $n$ .

Реструктуризацию кредитных выплат можно рассматривать как преобразование на множестве финансовых потоков вида (5), погашающих заданный кредит. Естественно поставить вопрос об инвариантах этого преобразования. Имеет место следующее.



**Предложение 1.** Внутренняя доходность кредитного потока, погашающего кредит, является инвариантом преобразования реструктуризации, если проценты по кредиту начисляются по сложной процентной ставке.

Пусть  $r$  – сложная процентная ставка, по которой происходит начисление процентных денег по кредиту, а  $T_i = t_i - t_{i-1}$ . Обозначим через  $D_i$  остаток долга сразу после выплаты в момент  $t_i$ . Будем считать, что  $D_0 = D$ , тогда выполняется соотношение:

$$D_{i-1}(1+r)^{T_i} = d_i + D_i, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

Левая часть соотношения (6) показывает насколько вырос долг с момента предыдущей выплаты, а правая часть показывает, насколько долг уменьшился после текущей выплаты  $d_i$  в момент  $t_i$ . Учитывая, что  $D_n = 0$  (иначе поток не погашает долг), а  $(1+r)^{-1} = V$  – множитель дисконтирования, получаем цепочку равенств:

$$\begin{aligned} D_{n-1} &= d_n V^{T_n} \\ D_{n-2} &= d_{n-1} V^{T_{n-1}} + D_{n-1} V^{T_{n-1}}, \\ D_0 &= d_1 V^{T_1} + D_1 V^{T_1}. \end{aligned} \quad (7)$$

Исключая последовательно неизвестные  $D_i$  из соотношений (7) и учитывая, что  $D_0 = D$ , получаем

$$D = d_1 V^{T_1} + d_2 V^{T_1+T_2} + \dots + d_n V^{T_1+T_2+\dots+T_n}, \quad (8)$$

а учитывая, что  $T_1 = t_1 - t_0$ ,  $T_1 + T_2 = t_2 - t_0$ , ...,  $T_1 + T_2 + \dots + T_n = t_n - t_0$ , а  $v = (1+r)^{-1}$  соотношение (8) преобразуем к виду

$$(-D) \left( \frac{1}{1+r} \right)^{t_0-t_0} + d_1 \left( \frac{1}{1+r} \right)^{t_1-t_0} + \dots + d_n \left( \frac{1}{1+r} \right)^{t_n-t_0} = 0, \quad (9)$$

что является уравнением финансового потока (5), которое используется для определения внутренней доходности. Таким образом, уровень внутренней доходности кредитного потока равен ставке по кредиту (если это сложная процентная ставка). Поскольку это верно для любого потока погашающего кредит (т.е. такого, для которого  $D_n = 0$ ), преобразование реструктуризации сохраняет внутреннюю доходность, т.е. внутренняя доходность является инвариантом реструктуризации, если только не меняется схема начисления процентов и процентная ставка.

Как видно из доказательства, утверждение неприменимо к преобразованиям, которые не являются реструктуризацией, т.е. к таким преобразованиям, у которых меняется процентная ставка, или остаток по кредиту отличен от нуля. Кроме того, финансовый поток должен быть потоком кредитного типа (5).

С теоретической точки зрения полученный результат интересен тем, что в процессе доказательства было установлено равенство локального параметра финансового потока: ставки по кредиту, характеризующего скорость нарастания задолженности по кредиту, с глобальным параметром: уровнем внутренней доходности, который характеризует доходность кредита в целом. Одно из немногих ограничений состоит в том, что скорость нарастания задолженности по кредиту должна быть постоянной.

С практической точки зрения, результат полезен тем, что позволяет обосновать не очевидный принцип сохранения доходности, заменяя его условием погашения задолженности. Принцип (условие) погашения задолженности можно сформулировать следующим образом: при неизменной ставке по кредиту реструктурированный финансовый поток должен погашать кредит. Подчеркнем, что никакое частичное списание долга в рамках реструктуризации не рассматривается. То, что из принципа погашения задолженности следует принцип сохранения доходности для кредитных операций почти очевидно. Действительно, если ставка по кредиту (сложная процентная ставка) сохраняется, то сохраняется и доходность кредитования после реструктуризации.



Завершая теоретический анализ, отметим, что принцип погашения задолженности не распространяется на совокупности кредитных операций, в то время как принцип сохранения доходности может применяться и в этом случае.

### **Методика применения**

С практической точки зрения основной выигрыш от инвариантности внутренней доходности кредитного финансового потока при реструктуризации в том, что снимаются почти все ограничения на то, как осуществлять реструктуризацию: нельзя менять ставку по кредиту и частично списывать долг. Все остальное является допустимым, поскольку не изменяет баланс интересов кредитора и заемщика, который формально выражается в виде принципа погашения задолженности (долг должен быть погашен без частичного списания при неизменной ставке процентов) или вытекающего из него в силу инвариантности принципа сохранения доходности.

При этом баланс интересов поддерживается, так сказать, автоматически без наложения каких-либо дополнительных ограничений на форму реструктуризации: как бы реструктуризация не проходила, важно, чтобы последняя выплата полностью погашала задолженность по кредиту. Время выплат и их количество значения не имеют. Рассмотрим несколько примеров, иллюстрирующих сказанное. Примеры будут касаться реструктуризации ипотечных кредитов, темы актуальной в условиях финансового кризиса.

Первый пример касается такой формы реструктуризации ипотеки как замена дифференцированных платежей на постоянные платежи. Пусть недвижимость стоимостью 3 млн. рублей покупается с привлечением ипотечного кредита (50% стоимости недвижимости) сроком на 3 года под 24% годовых. Погашение должно осуществляться ежемесячными платежами по схеме дифференцированных платежей (основной долг погашается равными частями плюс уменьшающиеся проценты по кредиту). Величина срочной уплаты  $d_k$  находится по формуле:

$$d_k = \frac{D}{12n} + D(1 - \frac{k-1}{12n}) \frac{j}{12}, \quad (10)$$

где  $k=1, 2, \dots, 12n$ ,  $n$  – число лет погашения ипотечного кредита, а  $j$  – номинальная процентная ставка по кредиту.

Таким образом, долг в размере 1,5 млн. рублей должен быть погашен 36 дифференцированными платежами, из которых первый составляет 71667 рублей, а последний – 42500 рублей (при этом платежи уменьшаются в арифметической прогрессии). Стоимость кредита для заемщика (доходность для кредитора) может быть рассчитана и составляет 26,782296%. Она заметно больше, чем ставка по кредиту и это, как будто, противоречит тому, что доходность должна быть равна ставке по кредиту. Но, ставка  $j$ , используемая в схеме дифференцированных платежей, является не сложной, а простой ставкой. Если найти эквивалентную ей при 12-ти платежах в год сложную ставку, то она окажется в точности равной 26,782296%.

Заметим, что если бы кредит погашался равными платежами, то их размер составил бы 58850 рублей, что значительно ниже первоначальных дифференцированных платежей. Предположим, что в силу определенных обстоятельств решено заменить последние платежи (24) равными 48 платежами, т.е. сменить схему оплаты и продлить срок погашения на 2 года. В этом случае новые платежи составят 33941 рубль, а стоимость кредита не изменится (погрешности в расчетах дадут расхождение в 4-й цифре после запятой). Постоянные срочные уплаты постоянны ( $d_k=d$ ) и находятся по формуле:

$$d = \frac{D \frac{j}{12} (1 + \frac{j}{12})^{12n}}{(1 + \frac{j}{12})^{12n} - 1}, \quad (11)$$



поскольку число платежей за год равно числу начислений процентов по кредиту в году ( $m=p=12$ ) [4]. В данном примере доходность кредитования для кредитора не изменилась, несмотря на значительные изменения финансового потока при реструктуризации.

Рассмотрим теперь второй пример, который также покажет, что доходность не зависит от размера кредита. Пусть недвижимость стоимостью 2 млн. рублей покупается с помощью ипотечного кредита (60% от стоимости недвижимости), ставкой по кредиту 24% и сроком погашения 5 лет по схеме постоянных платежей (ежемесячные платежи 47080 рублей). Расчеты показывают стоимость кредита для заемщика 26,782296%, т.е. ту же, что и в предыдущем примере. В этом нет ничего неожиданного, поскольку внутренняя доходность кредитного потока определяется только сложной процентной ставкой по кредиту, а при использовании других ставок – эффективной процентной ставкой. В предыдущих примерах эффективная процентная ставка, а она по определению является сложной процентной ставкой, равна 26,782296% независимо от размера кредита.

Приведенные примеры хорошо иллюстрируют тот факт, что уровень внутренней доходности кредитного потока (глобальная доходность) определяется только ставкой процентов по кредиту (локальной доходностью) и не зависит от размера кредита и других параметров. Однако, возможности использования инвариантности доходности значительно шире, чем объяснение подобных примеров. Инвариантность доходности позволяет предложить универсальный алгоритм реструктуризации кредитных платежей, легко реализуемый на компьютере.

Пусть в некоторый произвольный момент времени  $t'$  после момента  $t_0$ , но до момента  $t_k$  производится реструктуризация платежей. Следующий алгоритм решает задачу реструктуризации:

- 1) выбираем произвольный момент времени  $t'_k > t'$ ;
- 2) рассчитываем размер долга на момент времени  $t'_k$ ;
- 3) уменьшаем размер долга на произвольную величину  $d'_k$ ;
- 4) если остаток долга по кредиту равен нулю, то алгоритм завершается;
- 5) если остаток долга по кредиту не равен нулю, то выбираем произвольный момент времени  $t'_{k+1} > t'_k$  и переходим к шагу 2 с новым моментом времени  $t'_{k+1}$ .

Наиболее значимым является шаг 3, поскольку именно он определяет количество платежей после реструктуризации. Теоретически алгоритм может продолжаться неограниченно долго, но он завершится через конечное число циклов, если все выплаты  $d'_k$  превышают набежавшие за предыдущий период проценты на остаток долга по кредиту. Инвариантность доходности гарантирует сохранение баланса интересов кредитора и заемщика.

Предложенный алгоритм имеет две положительные черты: легко реализуем на компьютере; может применяться для повторной реструктуризации в будущем. Легко представить ситуацию, когда представитель банка-кредитора и заемщик вместе согласовывают график реструктуризации выплат по кредиту, используя программу, реализующую данный алгоритм, совместно выбирая время и размер будущих платежей. Моменты будущих платежей, скорее всего, будут образовывать равномерную сетку, но величина платежей может широко варьироваться, а не быть строго предопределенной: убывающей, как при дифференцированных ипотечных платежах, или состоять из одинаковых платежей.

Предложенный алгоритм является универсальным в том смысле. Что может учитывать любые дополнительные ограничения, связанные с выбором времени и размером платежей или учитывать и то и другое. На его основе не трудно создать компьютерную систему моделирования процесса реструктуризации, которая позволяла бы находить параметры реструктуризации. Например, задав число платежей после реструктуризации, можно было бы найти величину платежей постоянных, или изменяющихся по некоторому правилу.



Подводя итог, отметим, что инвариантность доходности доказана только для финансовых потоков кредитного типа, которые образуют хотя и важный, но достаточно узкий класс.

### Литература

1. Четыркин Е.М. Методы финансовых и коммерческих расчетов. – М.: Дело, 1995, с. 137.
2. Тубольцев М.Ф. Реинжиниринг систем финансовых операций // «Научные ведомости», серия «История, Политология, Экономика», №4 (35) выпуск 3.– Белгород: Изд-во БелГУ, 2007.– стр.226-231.
3. Тубольцев М.Ф. Математические методы в системном анализе финансовых операций //Вестник ВГУ, Серия: Системный анализ и информационные технологии, 2008, №1. с.124 – 133.
4. Мелкумов Я.С. Теоретическое и практическое пособие по финансовым вычислениям. М.: ИНФРА-М, 1996, с. 171.

## USING OF INVARIANTS AT MODELLING OF FINANCIAL STREAMS

In article questions of mathematical modeling of financial streams credit the type, which widespread in practice are considered.

Distinctive feature of statement of a problem of re-structuring considered here is that re-structuring is considered as transformation of a financial stream of a special kind.

In such statement the considered model adequately reflects a real situation, and the re-structuring problem has numerous applications in mathematical economy and the financial mathematics.

The offered algorithm of the decision of a problem of re-structuring of financial streams credit type supposes effective realization by means of modern computing means.

M.F.TUBOLTSEV

*Belgorod state university*

*e-mail: Tuboltsev@bsu.edu.ru*

Keywords: financial streams, re-structuring of financial operations, re-structuring of debts, modeling, computer modeling.

## НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ РЕШЕНИЯ СИСТЕМНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПО МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЕ КРИТЕРИЕВ

**С.Н. МАЛИКОВ<sup>1)</sup>**

**А.П. ИГНАТЬЕВ<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> *МАРТИТ*

*e-mail: myamlik@super-computer.ru*

<sup>2)</sup> *Белгородский государственный университет*

*e-mail: aignatiev@rktelecom.ru*

Рассматривается один из возможных подходов научно-методического аппарата решения системно-экономических задач по многоуровневой системе критериев. Сформирован системный подход к синтезу научно-методического аппарата решения системно-экономических задач, разработаны автоматизированные процедуры оценки объектов системно-экономического анализа по многоуровневой системе критериев.

Ключевые слова: системный подход, синтез научно-методического аппарата решения системно-экономических задач, автоматизированные процедуры оценки объектов системно-экономического анализа.

В статье рассмотрен системный подход к синтезу научно-методического аппарата решения системно-экономических задач, разработаны автоматизированные процедуры оценки объектов системно-экономического анализа по многоуровневой системе критериев.

На основе проведенного системного анализа формальных признаков системно-экономических задач была предложена их классификационная схема, которая послужила исходной посылкой к синтезу концептуального научно-методического аппарата решения системно-экономических задач. Принимая во внимание то обстоятельство, что при разработке научно-методического аппарата имеет место целенаправленный процесс воспроизведения заданной совокупности функций, то в основу его синтеза должен быть положен функционально-структурный подход. Данный подход основывается на предположении первичности функционального назначения системы по отношению к её структурной организации.

С позиций функционально-структурного подхода задачу разработки научно-методического аппарата можно сформулировать как синтез такой его структуры и состава, при которых: а) вероятность нахождения допустимых отображений поступающих на вход научно-методического аппарата задач на множество его элементов стремится к максимуму; б) ресурсы на разработку научно-методического аппарата не превышают допустимых:

$$P(f: Z \rightarrow X) \max, \quad R \leq R_{\text{зад}}, \quad (1)$$

где  $Z$  – множество задач, поступающих на вход методического аппарата;  $X$  – множество элементов, образующих методический аппарат;  $f: Z \rightarrow X$  – допустимое отображение; т.е. отображение задачи на элементы методического аппарата, позволяющих решить задачу;  $P(f: Z \rightarrow X)$  – вероятность нахождения допустимых отображений;  $R_{\text{зад}}$  – ресурсы, выделенные на разработку методического аппарата.

Опираясь на постановку (1), в главе сформулированы и обоснованы предложения по составу и структуре научно-методического аппарата решения системно-экономических задач, укрупненная схема которого приведена рис. 2. Предложенный научно-методический аппарат следует рассматривать как открытую динамическую систему, развивающуюся в соответствии с потребностями практики системно-экономического анализа. Ввиду существенного разнообразия элементов предложенного научно-методического аппарата были уточнены границы дальнейшего исследования, которые очертили элементы, направленные на решение многокритериальных задач системно-экономического анализа. При этом фокус внимания был смещен на

первый и второй типы многокритериальных задач, наиболее распространенными из которых задачи оценки объектов системно-экономического анализа по многоуровневой системе критериев (1-й тип многокритериальных задач) и задачи планирования распределения недостаточных денежных средств по объектам финансирования на основе системы приоритетов (2-й тип многокритериальных задач).

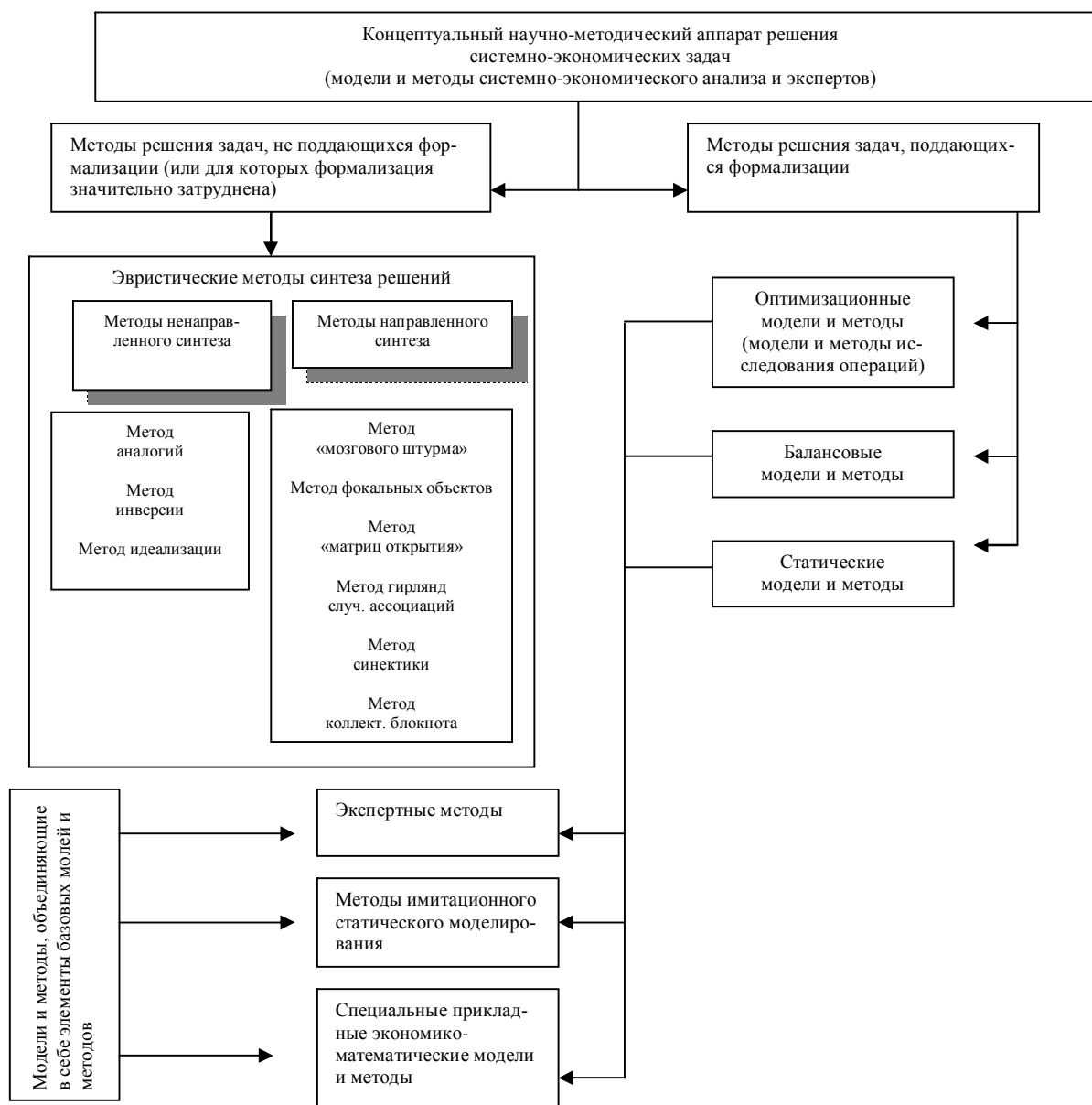


Рис. 2. Структурная схема концептуального научно-методического аппарата решения системно-экономических задач

При разработке методов решения многокритериальных задач приходится решать ряд специфических проблем, основными из которых являются: проблема выбора принципа компромисса и соответствующего ему принципа оптимальности; проблема учета приоритетов критериев; проблема нормализации критериев. Перечисленные проблемы носят не столько формальный, сколько концептуальный характер, что обуславливает необходимость применения различного рода эвристических процедур, в которых существенная роль принадлежит экспертам. Среди методов решения много-

критериальных задач, имеющих, с одной стороны, признанную теоретическую обоснованность, а с другой стороны, удовлетворяющих требованию универсальности, в настоящее время наибольшее распространение получили методы теории полезности, методы теории нечетких множеств, методы векторной стратификации, метод анализа иерархий. Границы проведенного исследования очерчивают вычислительные процедуры метода анализа иерархий, занимающего доминирующее положение в современной практике системно-экономического анализа.

Предложен научно-методический аппарат оценки объектов системно-экономического анализа по многоуровневой системе критериев, являющийся развитием метода анализа иерархий и включающий в себя ряд новых основных и вспомогательных вычислительных процедур: процедуру нахождения максимального собственного значения (индекса однородности) и главного собственного вектора (вектора приоритетов) матрицы парных сравнений; модифицированную процедуру сокращенного построения матрицы парных сравнений; процедуру определения мест нарушений однородности экспертных суждений; процедуру сравнения объектов на основе построения интервалов, согласованных со шкалой метода анализа иерархий.

Разработанная и теоретически обоснованная основная вычислительная процедура метода анализа иерархий предназначена для нахождения максимального собственного значения и главного собственного вектора матрицы парных сравнений. Данная процедура не уступает в точности типовой процедуре метода и при этом обладает более быстрой сходимостью. Последнее превосходство достигается благодаря учету особенностей строения матрицы парных сравнений, что позволяет эффективно использовать обратную схему вычислений  $\lambda_{\max} \rightarrow (w_1, w_2, \dots, w_n)$ , где  $\lambda_{\max}$  – максимальное собственное значение матрицы парных сравнений, используемое для расчета индекса однородности;  $(w_1, w_2, \dots, w_n)$  – главный собственный вектор матрицы парных сравнений, являющийся искомым вектором приоритетов.

Используя предложенную схему вычислений, удастся избежать главного недостатка типовой процедуры – возведения матрицы парных сравнений в произвольно большие степени в соответствии с выражением

$$\lim_{p \rightarrow \infty} \frac{A^p e}{e^t A^p e} = CW, \quad p \rightarrow \infty,$$

где  $A$  – матрица парных сравнений;  $e = \{1, 1, \dots, 1\}$  – единичный вектор;  $p$  – показатель степени;  $C$  – константа;  $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$  – главный собственный вектор.

В разработанной процедуре операция возведения матрицы в степень используется для нахождения коэффициентов характеристического многочлена и не превосходит порядка матрицы  $n$  ( $n < p$ ). Укрупненный алгоритм разработанной процедуры представлен на рис. 3.

В основу теоретического обоснования процедуры положено исследование коэффициентов и корней характеристического (векового) уравнения

$$P(\lambda) = \begin{vmatrix} a_{11} - \lambda & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} - \lambda & a_{2n} \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{nn} - \lambda \end{vmatrix} = 0. \quad (2)$$

После преобразования уравнение (2) представляет собой алгебраическое уравнение  $n$ -ой степени относительно  $\lambda$ :

$$P(\lambda) = \det(A - \lambda E) = (-\lambda)^n + b_1(-\lambda)^{n-1} + \dots + b_{n-1}(-\lambda) + b_n = 0, \quad (3)$$

где  $b_1 = \text{tr}(A) = a_{11} + a_{22} + \dots + a_{nn} = n$  – след матрицы  $A$ ;  $b_m = \Sigma M^{(m)}$  – сумма всех главных миноров  $m$ -ого порядка;  $b_n = \det(A)$  – определитель матрицы  $A$ .

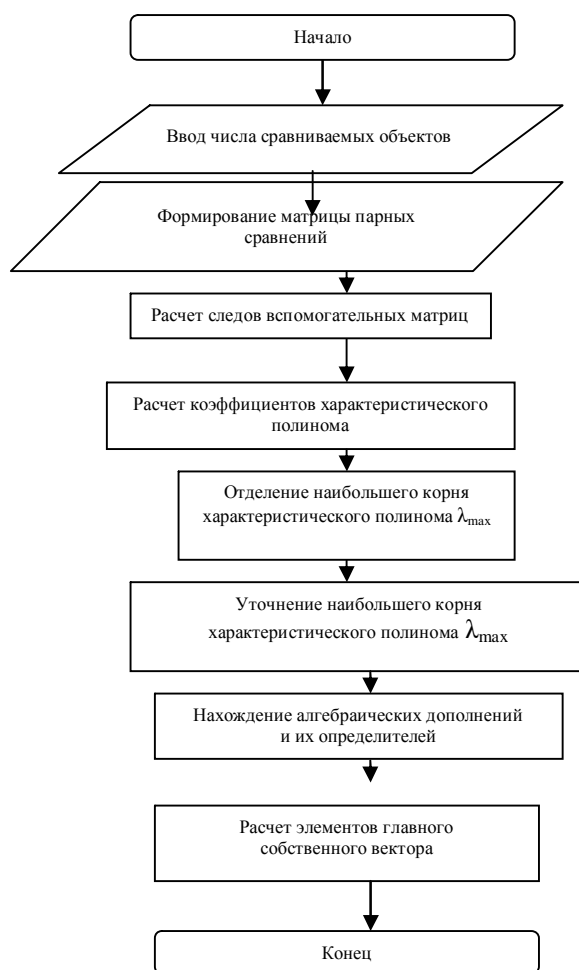


Рис.3. Укрупненный алгоритм основной вычислительной процедуры метода анализа иерархий

В процессе обоснования процедуры доказаны теоремы о коэффициентах  $b_2$  и  $b_3$  характеристического многочлена матрицы парных сравнений. Показано, что

$$b_2 = 0, \quad a \quad b_3 = \sum_{i=1}^{n-2} \sum_{j>i}^{n-1} \sum_{r>j}^n \frac{(a_{ij}a_{jr} - a_{ir})^2}{a_{ij}a_{jr}a_{ir}}.$$

Для коэффициента  $b_4$  установлено, что получить его компактное аналитическое выражение через элементы матрицы парных сравнений не удастся, но есть возможность произвести эффективное разложение определителя матрицы парных сравнений по определителям 3-ого порядка. Для нахождения коэффициентов  $b_i (i \geq 5)$  предложено использовать эффективные вычислительные процедуры Фадеева или Ливеррье.

Теоретически обоснована минимальная правая граница окрестности, в которой гарантированно находится наибольший действительный корень характеристического уравнения  $\lambda_{\max}$ , которому соответствует главный собственный вектор матрицы парных сравнений. Получено компактное аналитическое выражение (4), позволяющее получить точную оценку минимальной правой границы окрестности для матриц с нечетным порядком  $n$  и близкое приближение для матриц с четным порядком  $n$ :

$$\text{Inf } \lambda_{\max} = 4\frac{5}{9}n - 3\frac{5}{9}. \quad (4)$$





вать алгоритм, основанный на идее представления матриц в виде произведения двух треугольных матриц.

Предложен метод оценки точности приближенных вычислительных процедур метода анализа иерархий, основанный на проведении имитационного статистического эксперимента. Для матриц парных сравнений порядка  $n=3...15$  получены статистические оценки точности приближенных вычислительных процедур (среднее, средне-квадратическое отклонение, доверительные интервалы при уровнях значимости  $\alpha=0,1; \alpha=0,05; \alpha=0,01$ ). На рис. 4 представлены графики зависимости усредненных относительных отклонений  $\bar{d}^i$  от порядка матрицы  $n$ .

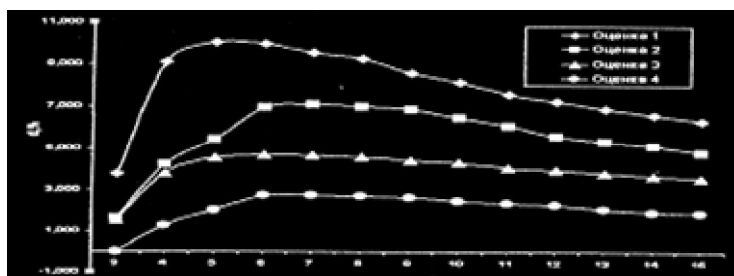


Рис. 4. Зависимости усредненных относительных отклонений  $\bar{d}^i$  от порядка матрицы  $n$

На основе предложенного метода проверено предположение о существовании

вычислительной процедуры (степенного среднего  $s_a = \frac{(x_1^a + x_2^a + \dots + x_n^a)^{1/a}}{n}$  таким значением параметра  $a$ ), при которой  $\lambda_{\max}^a$ , рассчитанное на основе степенного среднего  $s_a$ , сколь угодно близко к  $\lambda_{\max}^0$ . Результаты эксперимента подтвердили данное предположение, однако регулярные значения параметра  $a$  для матриц заданной размерности получить не удалось, так как этот параметр оказался очень чувствительным к изменению элементов матрицы парных сравнений.

В главе разработаны вспомогательные вычислительные процедуры метода анализа иерархий, расширяющие прикладную направленность метода: модифицированная процедура сокращенного построения матрицы парных сравнений; процедура определения мест нарушений однородности экспертных суждений; процедура сравнения объектов на основе построения интервалов, согласованных со шкалой метода анализа иерархий.

Модифицированная процедура сокращенного построения матрицы парных сравнений позволяет строить однородную матрицу парных сравнений на основании суждений эксперта, вынесенных только относительно первого объекта сравнения (в этом случае эксперт выносит  $n-1$  суждение по сравнению с  $\frac{n(n-1)}{2}$  суждениями в типовой процедуре). Указанная возможность обеспечивает переход от квадратичного роста числа парных сравнений по мере роста числа  $n$  к росту линейному. Особенность модификации процедуры заключается в соблюдении условия кардинальной однородности суждений в соответствии с принятой дискретной шкалой отношений путем приведения элементов  $a_{ij}^*$  к элементам  $a_{ij}$  с помощью выражения  $a_{ij} = s_k$  при выполнении условия

$$\text{Min } |a_{ij}^* - s_k|, k \in K,$$

где  $s_k \in S$  ( $S$  – множество оценок в соответствии со шкалой метода).

Процедура определения мест нарушений однородности экспертных суждений в матрице парных сравнений позволяет выявить такие нарушения в случае построения матрицы стандартным (не сокращенным) способом. Эффективность процедуры про-

является особенно для матриц порядка  $n \geq 6$ , когда выявление мест нарушения однородности экспертных суждений вызывает существенные затруднения.

Суть процедуры заключается в расчете вспомогательных элементов

$$C_{ij} = \begin{cases} \frac{b_{ij}}{a_{ij}}, \text{ если } b_{ij} > a_{ij}, \\ \frac{a_{i-1,j}}{a_{i-1,i}}, \text{ где } b_{ij} = \frac{a_{i-1,j}}{a_{i-1,i}}, i > j, i \neq 1, \\ \frac{a_{ij}}{b_{ij}}, \text{ если } b_{ij} > a_{ij} \end{cases} \quad (10)$$

которые указывают на степень нарушения однородности экспертных суждений (чем больше  $c_{ij}$ , тем в большей степени нарушена однородность суждением эксперта, высказанном относительно элемента  $a_{ij}$ ). Пересмотр суждений относительно элементов  $a_{ij}$  осуществляется в порядке убывания элементов  $c_{ij}$ , при этом во внимание принимаются значения элементов  $b_{ij}$ . Если значение элемента  $b_{ij}$  выходит за границы интервала  $[1/9; 9]$ , то соответствующий элемент  $a_{ij}$  корректируется к ближней границе (относительно элемента  $b_{ij}$ ) указанного диапазона.

Процедура сравнения объектов на основе согласованных интервалов эффективна в ситуациях, когда при сравнении объектов существенным является не точное значение критерия, а его попадание в границы определенного интервала. В процессе разработки данной процедуры предложено правило нормирования критериев, если лучшему значению критерия соответствует определенное значение  $z^*$ , справа и слева от которого равноудаленные значения равнозначны:

$$w_i = \begin{cases} 1 - \frac{\frac{|z_i - z^*|}{z^*}}{\sum_{i=1}^n (1 - \frac{|z_i - z^*|}{z^*})}, \text{ если } 0 \leq z_i \leq 2z^*, \\ 0, \text{ если } z_i < 0 \text{ или } z_i > 2z^* \end{cases} \quad (11)$$

Рассчитаны границы согласованных интервалов применительно к случайной величине  $Z$ , распределенной по нормальному закону. В этом случае границы интервалов  $a_i$  ( $i=1,8$ ) находятся через функцию  $\arg\Phi$ , обратную функции  $\Phi = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \frac{(t-x)^2}{2\sigma^2} dt$ .

Для стандартного нормального распределения ( $m=0$ ,  $\sigma=1$ ) значения точек  $a^{ct}_i$  ( $i=1,8$ ) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Точка	Значение	Точка	Значение
$a^{ct}_1$	-1,22064	$a^{ct}_5$	0,13971
$a^{ct}_2$	-0,76471	$a^{ct}_6$	0,43073
$a^{ct}_3$	-0,43073	$a^{ct}_7$	0,76471
$a^{ct}_4$	-0,13971	$a^{ct}_8$	1,22064

На основании значений, приведенных в табл.2, можно легко получить значения точек  $a_i$  ( $i=1,8$ ) для нормального закона распределения с произвольными параметрами  $m$  и  $\sigma$  по формуле (12):  $a_i = a^{ct}_i \times \sigma + m$ . (12)

После нахождения всех точек  $a_i$  ( $i=1,8$ ) будет получено девять интервалов, длина которых зависит от параметров  $m$  и  $\sigma$ . Математическое ожидание  $m=z$  приходится на середину пятого интервала (рис. 5).

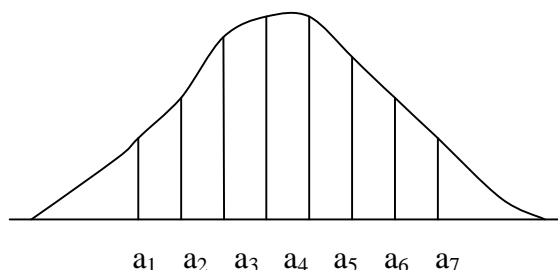


Рис. 5. Интервалы, согласованные со шкалой метода анализа иерархий

Перевод значений  $z$  в оценки в соответствии со шкалой метода анализа иерархий осуществляется по следующему правилу

$$a_{ij} = \begin{cases} |N_i - N_j| + 1, & \text{если } N_i \geq N_j, \\ \frac{1}{|N_i - N_j| + 1}, & \text{если } N_i < N_j, \end{cases} \quad (13)$$

где  $N_i$  – номер интервала, в который попало значение  $z_i$ .

Предложенные процедуры прошли апробацию при разработке методических рекомендаций по автоматизированной оценке квалификации поставщиков телекоммуникационного оборудования по конкурсной системе распределения заказов (конкурсные торги).

#### Заключение

Полученные результаты приводят к следующим выводам:

1) Представ материал по структуре и составу концептуального научно-методического аппарата решения системно-экономических задач, построенного на их классификации по их формальным признакам предложены научно-методический аппарат, следует рассматривать как открытую методическую систему развивающуюся в соответствии с потребностью практики системно-экономического анализа.

2) Научно-методический аппарат оценки объектов системно-экономического анализа по многоуровневой системе критериев, являющихся развитием метода анализа и включающий в себя ряд новых основных и вспомогательных вычислительных процедур, а именно: процедуру нахождения максимального собственного значения (индекса однородности) и главного собственного вектора (вектора приоритетов) матрицы парных сравнений; модифицированную процедуру сокращенного построения матрицы парных сравнений; процедуру определения мест нарушений однородности экспертных суждений; процедуру сравнения объектов на основе построения интервалов, согласованных со шкалой метода анализа иерархий.

#### Литература

1. Борисов А.Н. и др. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной. – Рига: Зинатне, 1982.
2. Демин В.К., Тютин Н.Н., Храмешин Г.К., Чудинов С.М. Региональные информационные структуры методы и функциональные оценки БелГУ; 2008-2009 г.



3. Кравец А.С. Природа вероятности. М.: Мысль, 1976.
4. Розен В.В.. Математические модели принятия решений в экономике. М.: Высшая школа, 2002.
5. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний. Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов, 2003.
6. Трухаев Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности. – М.: Наука, 1981.
7. Трофимец В.Я. Системный анализ и синтез автоматизированных процедур в поддержку принятия системно-экономических решений. М: МАРТИТ, 2004 г.

## SCIENTIFICALLY-METHODICAL DEVICE OF THE DECISION OF SYSTEM-ECONOMIC PROBLEMS ON MULTILEVEL SYSTEM OF CRITERIA

S.N. MALIKOV<sup>1)</sup>  
A.P. IGNATYEV<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> **MARTIT**

**e-mail:**  
**aignatiev@rktelecom.ru**

<sup>2)</sup> **Belgorod State University**

**e-mail:**  
**aignatiev@rktelecom.ru**

Summary: one of possible approaches of the scientifically-methodical device of the decision of system-economic problems on multilevels to system of criteria is considered. The system approach to synthesis of the scientifically-methodical device of the decision of system-economic problems is generated, the automated procedures of an estimation of objects of the system-economic analysis on multilevel system of criteria are developed.

Key words: the system approach, synthesis of the scientifically-methodical device of the decision of the system-economic problems, the automated procedures of an estimation of objects of the system-economic analysis.

## **МЕТОДЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Н.Н. ТЮТИН  
О.Н. ЧВАНИН**

*ОАО «НИИ супер ЭВМ»*

*e-mail :tiutin@super-computer.ru*

В статье рассматривается использование методов параметрического синтеза для оптимизации работы почтовых серверов в мультисервисной сети связи органов государственной власти Московской области.

Ключевые слова: ведомственная мультисервисная сеть (МСС МО), аналитический метод оценки параметров системы массового обслуживания, коэффициент пуассоновского распределения потоков.

### **Введение**

При проектировании мультисервисной сети связи органов государственной власти Московской области и органов местного самоуправления муниципальных образований Московской области (МСС МО) важной задачей стало создание надежной сети с бесперебойной работой каналов связи в режиме 24 часа в сутки, 7 дней в неделю. Для организации оптимальной работы электронной почты необходимо было провести анализ структуры создаваемой сети и выбрать оптимальную схему установки почтовых серверов. При этом использовался параметрический синтез.

Сеть была спроектирована с учетом аренды большинства магистральных каналов у ОАО «ЦентрТелеком», что нашло отражение в структуре создаваемой сети. На рис. 1 показана структурная схема организации МСС МО. Часть муниципальных образований подключена к сети с использованием собственных каналов связи (Ведомственная мультисервисная сеть).

Задачами, которые должны быть реализованы в МСС МО для предоставления государственных услуг с использованием многофункциональных центров инфраструктуры и сети Интернет на основе создания единых инфраструктур регионов, являются:

- Реализация принципа «одного окна» – создание единого места приема, регистрации и выдачи необходимых документов гражданам и организациям при предоставлении государственных и муниципальных услуг на базе многофункционального центра предоставления возможности гражданам и организациям получения одновременно несколько взаимосвязанных государственных и муниципальных услуг;
- Организация информационного обмена с федеральным порталом государственных услуг, региональными порталами государственных услуг;
- Сокращение количества документов, предоставляемых заявителями для получения государственных и муниципальных услуг;
- Организация информационного обмена с федеральными порталами государственных услуг, региональными порталами государственных услуг.

В статье рассматриваются методы параметрического синтеза МСС МО, применяемые для снижения издержек и повышения надежности работы электронной почты. Для оценки производительности сети применяется необходимый анализ МСС МО. Оценку работоспособности МСС МО после ее внедрения можно выполнить на основе функционирующих прототипов, аналитической модели, основанной на теории очередей, или путем имитационного моделирования поведения сети. Сравнивая указанные методы, можно заключить, что для оперативной оценки поведения МСС МО наиболее целесообразно использовать аналитический метод, при применении

которого можно получать конкретные характеристики, обеспечивающие оценку необходимых параметров системы массового обслуживания (СМО) данной МСС МО (время ответа, пропускная способность и т. д.). Использование теории очередей дает достаточно точные оценки. Однако недостатком применения теории очередей является то, что при выводе аналитических зависимостей необходимо принимать определенные допущения. Тем не менее, эти допущения для условий МСС МО оправданы. Результаты получаются близкими к тем, которые дает программное моделирование сети с такими же параметрами.



Рис 1. Структурная схема организации МСС МО

На основе анализа МСС МО можно получить, что данную инфраструктуру целесообразно рассматривать при следующих условиях:

- в МСС МО может поступать бесконечное количество элементов данных (пакетов);
- предполагается бесконечный размер очереди, следовательно, очередь может расти безгранично;
- очередь обслуживается на основе приоритетов, при этом рассматривается также поступление пакетов с одинаковым приоритетом.

Для обобщения всех возможных случаев организации работы систем массового обслуживания с очередями, к которым применимы указанные в статье допущения, был разработан следующий подход. Все указанные системы можно разделить исходя из законов распределения времен обслуживания заявок и поступления заявок в систему. СМО определяется тройкой  $X/Y/N$ , где  $X$  — это закон распределения времени поступления пакетов в систему;  $Y$  — закон распределения времени обслуживания пакетов (элементов данных) сервером и  $N$  — число серверов. Для рассматриваемых в МСС МО СМО характерны следующие возможные законы распределения:  $G$  — нормальное распределение времени поступления или времени обслуживания элементов данных;  $M$  — пуассоновское распределение времени поступления; пуассоновское или экспоненциальное распределение времени обслуживания элементов данных;  $D$  — детерминированное время поступления или время обслуживания элементов данных.

Следовательно, модель  $M/M/1$  определяет СМО МСС МО, с одним сервером, пуассоновским распределением времени поступления пакетов в систему и экспоненциальным временем их обслуживания на сервере. В первом столбце табл. 1 показаны аналитические выражения для определения некоторых параметров СМО с одним сервером, которая подчиняется модели  $M/G/1$ . В соответствии с этой моделью скорость поступления пакетов подчиняется пуассоновскому закону, а время обслуживания — нормальному распределению. Использование масштабирующего коэффициента  $A$  в значительной мере упрощает аналитические выражения для вычисления основных выходных параметров. Следует учесть, что коэффициент масштабирования зависит только от отношения стандартного (среднеквадратичного) отклонения времени об-



служивания к среднему времени обслуживания. При этом не требуется никакой другой информации о времени обслуживания.

Другие два случая, показанные в табл. 1, это — СМО с распределением времени ожидания по пуассоновскому закону, а времени обслуживания по экспоненциальному закону (М/М/1, второй столбец) и СМО, в которой время обслуживания всех элементов одинаково (а значит, отклонение времени обслуживания равно нулю), а время поступления элементов подчиняется пуассоновскому закону (М/Д/1, третий столбец в табл. 1). Вычисления при помощи этих аналитических зависимостей носят приближенный характер, но для практического применения их точность вполне достаточна.

Таблица 1

Модель с нормальным распределением времени обслуживания (М/Г/1)	Модель с экспоненциальным распределением времени обслуживания (М/М/1)	Модель с постоянным временем обслуживания (М/Д/1)
$A = \frac{1}{2} \left[ 1 + \left( \frac{\sigma T_s}{T_s} \right)^2 \right]$	$q = \frac{\rho}{1-\rho}; \omega = \frac{\rho^2}{1-\rho}$	$q = \frac{\rho^2}{2(1-\rho)} + \rho$
$q = \rho + \frac{\rho^2 A}{1-\rho}$	$T_q = \frac{T_s}{1-\rho}; T_\omega = \frac{\rho T_s}{1-\rho}$	$\omega = \frac{\rho^2}{2(1-\rho)}$
$\omega = \frac{\rho^2 A}{1-\rho}$	$\sigma_q = \frac{\sqrt{\rho}}{1-\rho}; \sigma_{T_q} = \frac{T_q}{1-\rho}$	$T_q = \frac{T_s(2-\rho)}{2(1-\rho)}$
$T_q = T_s + \frac{\rho T_s A}{1-\rho}$	$\Pr[Q = N] = (1-\rho)\rho^N$	$T_\omega = \frac{\rho T_s}{2(1-\rho)}$
$T_\omega = \frac{\rho T_s A}{1-\rho}$	$\Pr[Q \leq N] = \sum_{i=0}^N (1-\rho)\rho^i$	$\sigma_q = \frac{1}{1-\rho} \sqrt{\rho + \frac{3\rho^2}{2} + \frac{5\rho^3}{6}}$
	$\Pr[T_Q \leq t] = 1 - e^{-\frac{(1-\rho)t}{T}}$	$\sigma_{T_q} = \frac{T_s}{1-\rho} \sqrt{\frac{\rho}{3} + \frac{\rho^2}{12}}$
	$m_{T_q}(r) = T_q \ln \frac{100}{100-r}$	
	$m_{T_\omega}(r) = T_\omega \ln \frac{100\rho}{100-r}$	

Практика показывает, что наихудшую производительность демонстрирует система с экспоненциальным распределением времени обслуживания, а наилучшую производительность — система с постоянным временем обслуживания. Поэтому обычно можно рассматривать систему с экспоненциальным распределением времени обслуживания как систему с худшими параметрами. Эти же рассуждения применимы при рассмотрении различных распределений времен поступления элементов данных (то есть различного характера варьирования скорости прихода данных в МСС МО). Для скорости поступления пакетов, подчиняющейся пуассоновскому распределению, время между поступлениями элементов изменяется по формуле Пуассона, а коэффициент стандартного отклонения от среднего равен единице. Если наблюдаемый коэффициент меньше единицы, то скорость поступления пакетов постоянна. В этом случае применение предположения о пуассоновском распределении скорости поступления даст завышенную оценку размера очереди и задержек в ней. С другой стороны, если коэффициент больше единицы, то перегрузка СМО МСС МО в этом случае становится более вероятной.

Для определения основных параметров МСС МО в случае работы системы массового обслуживания на нескольких серверах целесообразно использовать аналитические зависимости приведенные в табл. 2 и применение только для случая использования модели М/М/Н.

Таблица 2

**Аналитические зависимости для определения основных параметров информационно-телекоммуникационной инфраструктуры как системы массового обслуживания**

$K = \frac{\sum_{l=0}^{N-1} \frac{(N\rho)^l}{l!}}{\sum_{l=0}^N \frac{(N\rho)^l}{l!}}$	$\sigma_\omega = \frac{1}{1-\rho} \sqrt{C\rho(1+\rho-C\rho)^2}$
$q = C \frac{\rho}{1-\rho} + N\rho$	$\Pr[T_\omega = t] = C e^{\frac{-N(1-\rho)t}{T_q}}$
$T_q = \frac{C}{N} \frac{T_s}{1-\rho} + T_s$	$T_d = \frac{T_s}{N(1-\rho)}$
$T_\omega = \frac{C}{N} \frac{T_s}{1-\rho}$	$\omega = C \frac{\rho}{1-\rho}$
$\sigma_{T_q} = \frac{T_s}{N(1-\rho)} \sqrt{C(2-c) + N^2(1-\rho)^2}$	$m_{T_\omega}(r) = \frac{T_\omega}{N(1-\rho)} \ln \frac{100C}{100-r}$

Это означает, что предполагается пуассоновский характер распределения времен поступления элементов данных и экспоненциальный характер времени обслуживания этих элементов. При этом формула Пуассона для распределения времени обслуживания применима для всех  $N$  серверов. Во всех выражениях используется функция Эрланга –  $C$ , которая, в одних случаях, определяет вероятность того, что все серверы заняты в определенный момент времени, а в других случаях — вероятность того, что количество элементов данных, находящихся в данный момент времени в СМО (ожидающих в очереди или обслуживающихся), будет больше или равно количеству серверов. Для вычисления функции  $C$  применима следующая аналитическое выражение:

$$C(N, u) = \frac{1-K}{1-\rho K},$$

где  $K$  — коэффициент пуассоновского распределения. Значение этой функции зависит от количества серверов  $N$  и их утилизации  $\rho$ . Функцию Эрланга приходится часто применять при расчете очередей, что значительно усложняет вычисления. Следует отметить, что для системы с одним сервером эта функция значительно упрощается, а именно —  $C(1, u) = \rho$ .

Разработанный подход расчета параметров сети уже был использован в практике работы ОАО "ЦентрТелеком" для расчета параметров сегмента сети в городе Москве. Анализировалась нагрузка на почтовый сервер и канал передачи почтовых сообщений. При анализе предполагалось, что интенсивность поступления почтовых сообщений одинакова в течение рабочего дня, сервер обладает достаточной памятью, чтобы обеспечить сохранение всех поступивших сообщений. Первоначально общее число почтовых ящиков на одном общем почтовом сервере Генеральной дирекции составляло порядка 1800 единиц, что соответствовало прохождению порядка 40-45 тыс. отправок и поступлений в день. В результате основной почтовый сервер оказывался перегруженным.

На основе предложенного метода параметрического синтеза были проанализированы возможные варианты разнесения почтового сервера на несколько физических серверов с целью снижения нагрузки и оптимизации трафика, передаваемого по внутренним каналам ОАО "ЦентрТелеком". В результате была предложена схема с резервированием, при которой Московский филиал организовал собственный почтовый



сервер. При этом сервер Генеральной дирекции и сервер дирекции Московского филиала работают как резервные друг относительно друга серверы. Так как МСС МО строилась с использованием структуры ОАО "ЦентрТелеком", было решено использовать аналогичную схему организации электронной почты. На рис.2 показана схема МСС МО с разделением почтовых серверов. Предложено установить резервный почтовый сервер в Доме Правительства МО и соединить его дополнительным каналом с Министерством Информационных технологий и связи.

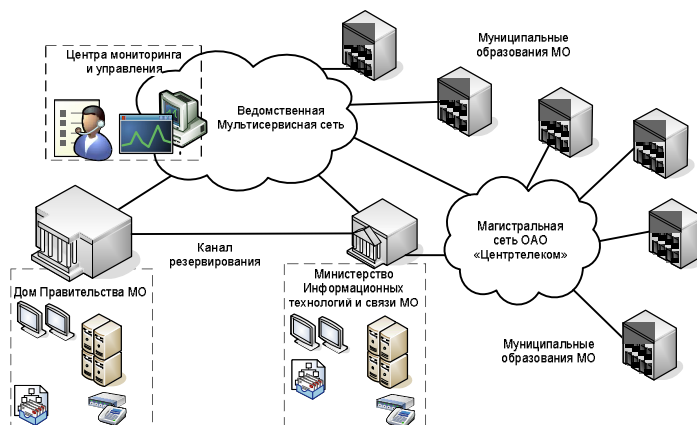


Рис. 2. Схема МСС МО с разделением почтовых серверов

В результате ожидается, что нагрузка на каналы снизится на 40%, снизятся требования к почтовым базам и, как следствие, требования к производительности почтовых серверов (примерно на 30%), повысится надежность системы за счет взаимного резервирования почтовых систем. С финансовой точки зрения примерно на 15% должна удешевиться аренда каналов, так как требования к пропускной способности каналов снизилась по сравнению с вариантом, представленным на рис. 1.

### Литература

1. Банчук Ю.А., Демин В.К., Тютин Н.Н., Чудинов С.М. Региональные информационные системы, методы их структурной и функциональной оценки: Монография. Белгород: БелГУ, 2007, 340 с.
2. Амарян Р.А., Локотков А.А. Системно-функциональные принципы построения крупномасштабных мультисервисных сетей связи и телекоммуникаций (из опыта ОАО «ЦентрТелеком»). Книга 1. Основы системного менеджмента межрегиональной телекоммуникационной компании. М.: Весь Мир, 2005, 474 с.
3. Кожеватов П.Р. Применение теории очередей для расчета параметров сети. – М.: Компьютер № 4 (64), 2004.

## METHODS OF PARAMETRICAL SYNTHESIS FOR ELECTRONIC DOCUMENT CIRCULATION IN MULTISERVICE COMMUNICATION NETWORKS OF STATE AUTHORITIES OF MOSCOW REGION

N.N. TYUTIN  
O.N. CHVANIN

JSC "NII super EVM"

e-mail: tiutin@super-computer.ru

In article are considered use of methods of parametrical synthesis for optimisation of work of post servers in a multiservice communication network of public authorities of Moscow Region.

Key words: Departmental multiservice network (MSS MO), analytical method of an estimation of parameters of system of mass service, Poisson factor of streams distributions.

## ОПТИМАЛЬНЫЕ КАНАЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ ПРИ ЦИФРОВОЙ ПЕРЕДАЧЕ С ЧАСТОТНЫМ УПЛОТНЕНИЕМ

**Е.Г. ЖИЛЯКОВ**  
**С.П. БЕЛОВ**  
**Д.В. УРСОЛ**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: Zhilyakov@bsu.edu.ru*

В статье рассматривается новый метод формирования канальных сигналов с минимальным «просачиванием» энергии за пределы заданной частотной полосы, как альтернатива используемому в настоящее время, таким как GMSK и BPSK. Приведены результаты вычислительных экспериментов по сравнению указанных методов в скорости передачи, эффективности занимаемой полосы и помехоустойчивости.

Ключевые слова: канальный сигнал, методы передачи данных, цифровая связь, мобильные системы.

Формирование канальных сигналов конечной длительности с максимальной концентрацией энергии в заданной частотной полосе является одной из самых важных проблем передачи информации в режиме частотного уплотнения. Известные в настоящее время методы формирования канальных сигналов в системах мобильной связи и радиодоступа не являются оптимальными в этом смысле, так как в основе их используется принцип обеспечения, прежде всего определённого уровня верности передачи. Используемые при этом канальные сигналы занимают слишком большую ширину полосы, что для исключения интерференционного влияния на соседние каналы требует введения так называемых заградительных полос и это не позволяет реализовывать потенциально достижимую скорость передачи.

Таким образом, разработка метода синтеза сигналов конечной длительности, оптимальных в смысле максимальной концентрации энергии в заданных частотных интервалах, является актуальной задачей. Именно в такой постановке проблема формирования канальных сигналов и рассматривается в данной работе.

Математическая формулировка проблемы формирования оптимальных канальных сигналов имеет вид

$$P_V = \int_{v \in V} |X(v)|^2 dv = \max \quad (1)$$

при условии

$$\|\vec{x}_N\|^2 = \sum_{i=1}^N x_i^2 = c^2. \quad (2)$$



где  $\vec{x}_N = (x_1, \dots, x_N)^T$  – вектор, компоненты которого являются искомыми отсчётами канального сигнала; подынтегральная функция является квадратом модуля трансформанты Фурье

$$X(v) = \sum_{k=1}^N x_k \exp(jv(k-1)); \quad (3)$$

$V$  – заданный частотный интервал

$$V = [-v_2, -v_1) \cup [v_1, v_2), \quad (4)$$

границы которого удовлетворяют условию  $0 \leq v_1 < v_2 \leq \pi$ .

При этом, как известно, справедливо представление для компонент рассматриваемого вектора на основе трансформанты Фурье

$$x_i = \int_{-\pi}^{\pi} X(v) \exp(-jv(i-1)) dv / 2\pi, i = 1, \dots, N. \quad (6)$$

Квадрат модуля правой части представления (6) характеризует распределение энергии сигнала по оси частот, при этом имеет место равенство Парсеваля

$$\|\vec{x}\|^2 = \int_{-\pi}^{\pi} |X(v)|^2 dv / 2\pi = \sum_{k=1}^N x_k^2. \quad (7)$$

Может показаться, что для вычисления значения  $P_V$  необходимо определить модуль трансформанты Фурье во всех точках используемого частотного интервала, чтобы затем выполнить интегрирование. Однако это не так, что легко показать, подставив в правую часть определения (1) представление (5) и выполнив несложные преобразования.

В результате нетрудно получить представление

$$P_V = \vec{x}' A \vec{x}, \quad (8)$$

которое, позволяет вычислить искомую долю энергии вектора конечной размерности в заданном частотном интервале без предварительного вычисления трансформанты Фурье.

Здесь  $A$  – квадратная, симметричная субполосная матрица с элементами

$$A = \{a_{ik}\}, i, k = 1, \dots, N, \\ a_{ik} = \int_{v \in V} \exp[-jv(i-k)] dv / 2\pi, j = \sqrt{-1}. \quad (10)$$

Отсюда и из определения (4) следует окончательное выражение для искоемых элементов матрицы в представлении (9)

$$a_{ik} = \{\sin[v_2(i-k)] - \sin[v_1(i-k)]\} / [\pi(i-k)], i \neq k; \\ a_{ik} = (v_2 - v_1) / \pi, i = k. \quad (11)$$

Забегаая вперёд, отметим, что матрицы с такими элементами возникают и при рассмотрении проблемы полосовой оптимальной фильтрации. Поэтому представляется уместным именовать их субполосными матрицами, подразумевая соответствие выбранному частотному интервалу.

Исходя из выражения (9) условие вариационной задачи (1) можно представить в виде



$$\vec{x}^T A \vec{x} - \lambda \|\vec{x}\|^2 = \max. \quad (12)$$

Для достижения поставленной задачи (12) или (1) необходимо выполнение условия

$$\lambda \vec{x} = A \vec{x}. \quad (13)$$

Тем самым, помножив обе части выражения (13) на  $\vec{x}^T$  мы получаем выражение

$$\begin{aligned} \vec{x}^T \lambda \vec{x} &= \vec{x}^T A \vec{x}, \\ \vec{x}^T \vec{x} &= c^2, \\ \lambda c^2 &= \vec{x}^T A \vec{x} = \max. \end{aligned} \quad (14)$$

Таким образом, из равенства следует, для достижения условия поставленной вариационной задачи (1), необходимо чтобы значение  $\lambda$  было максимальным или близким к максимальному значению.

Поскольку, матрица с элементами (11) является положительно определённой, и в силу симметричности обладают полным набором ортогональных собственных векторов, удовлетворяющих условиям

$$\lambda_i \vec{q}_i = A \vec{q}_i, \quad (15)$$

где для определённости предполагается, что собственные числа упорядочены по убыванию и обладают следующими свойствами

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_N > 0; \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \|\vec{q}_i\|^2 &= \sum_{k=1}^N q_{ki}^2 = 1; \\ (\vec{q}_k, \vec{q}_i) &= \sum_{r=1}^N q_{ri} q_{rk} = 0, i \neq k. \end{aligned} \quad (17)$$

Исходя из условия (17) значения собственных чисел соответствующих собственных векторов не превышают единицу, поскольку

$$\lambda_i = \frac{1}{2\pi} \int_{w \in V} |Q_i(w)|^2 dw \leq \sum_{k=1}^N q_{ik}^2 \quad (18)$$

$$Q_i = \sum_{k=1}^N q_{ik} e^{-jw(k-1)}. \quad (19)$$

Таким образом, из условия (18) следует, что собственные векторы, энергия которых максимально сосредоточена в заданной полосе, обладают соответствующими собственными числами, значения которых равны или близки к единице.

Суть метода состоит в формировании канального сигнала на основе собственных векторов с определенными коэффициентами, которыми являются информационные биты исходного сигнала. Последовательность бит должна иметь биполярный вид. Такой вид исходной последовательности исключает возможность потери собственного вектора при перемножении на нулевой коэффициент.

Для формирования оптимального канального сигнала, прежде всего, следует вычислить элементы субполосной матрицы  $A$  для заданного частотного интервала по формуле (11).

Количество собственных чисел близких или равных единице определяют сколько собственных векторов удовлетворяют условию по оптимальному занятию выделенной полосы частот, тем самым можно определить количество бит  $J$ , которые можно передать в выбранной последовательности, при том что один бит соответствует одному собственному вектору.



Формируем матрицу  $Q_1 = \{\vec{q}_1, \vec{q}_2, \dots, \vec{q}_J\}$  размерностью  $[N \times J]$ , состоящую из собственных векторов  $\vec{q}$ , соответствующие собственные числа которых близки или равны единице.

Пусть задан информационный вектор размерностью  $J$ , в виде последовательности бит, который подлежит передаче по каналу связи в частотном интервале вида (3) с использованием канального дискретного сигнала (вектора).

$$\vec{e} = (e_1, \dots, e_J)' . \quad (20)$$

Вектор  $\vec{e}$  представляет собой набор двоичных значений, принимающих значения 1 либо -1.

Формирования канального сигнала осуществляется по формуле

$$\vec{x} = Q_1 \cdot \vec{e} = (\vec{q}_1, \vec{q}_2, \dots, \vec{q}_J) \cdot \vec{e} = \sum_{i=1}^J e_i \vec{q}_i . \quad (21)$$

Поскольку собственные вектора ортогональны то, сформированный канальный сигнал обладает хорошей помехоустойчивостью, сравнимой с помехоустойчивостью канального сигнала сформированного с использованием фазовой модуляции.

Свойство ортогональности собственных векторов позволяет записать равенство

$$Q \cdot Q^T = 1 . \quad (22)$$

На приемной стороне регистрируются  $N$  значений, и осуществляется перемножение на заранее известную транспонированную матрицу собственных векторов  $Q$  и исходя из условия (16) можно восстановить переданный информационный вектор.

$$\vec{e} = Q^T \cdot \vec{x} = Q^T \cdot Q \cdot \vec{e} = 1 \cdot \vec{e} ,$$

где  $\vec{e}$  восстановленный информационный вектор.

Таким образом, имея идеальный канал связи, т.е. передача канального сигнала осуществляется без искажений и помех, восстановленный вектор будет совпадать с первоначальным.

Если,  $\hat{\vec{x}} = \vec{x} + \vec{\varepsilon}$ , где  $\vec{\varepsilon}$  – помехи в канале связи, то необходимо использовать решающую процедуру отнесения символа  $e_i$  к 1 или к 0, на основе скалярных произведений  $\hat{e}_i = e_i + (\vec{\varepsilon}_i \vec{q}_i)$ .

Решающее устройство с порогом  $h=0$ , принимает решение о наличии логической единицы, если  $\hat{e}_i > 0, i=1 \dots J$  или логического нуля, если  $\hat{e}_i < 0, i=1 \dots J$ , таким образом восстанавливая исходный информационный вектор. Безопасность передачи информации обеспечивается за счет перестановок собственных векторов перед формированием канального сигнала, что потребует знание точного расположения переставленных собственных векторов при восстановлении данных на приемной стороне, ключом данного метода защиты будет являться карта точного расположения собственных векторов.

Для оценивания помехоустойчивости и уровней просачивания энергии использовались вычислительные эксперименты с помощью математического пакета MatLab. Основными критериями определения эффективности метода передачи были установлены: просачивание энергии за пределы полосы частот, которая выделяется для передачи сформированного сигнала, помехоустойчивость (вероятность ошибочно принятой информации при различном уровне помех), скорость передачи (количество информационных бит переданных в единицу времени).

Для сравнительных исследований были выбраны два вида манипуляции наиболее помехоустойчивая и с минимальной занимаемой полосой частот:

– GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) – это гауссовская двухпозиционная частотная манипуляция с минимальным сдвигом, обладающая двумя особенностями, одна из которых – "минимальный сдвиг", другая – гауссовская фильтрация. Обе особенности направлены на сужение полосы частот, занимаемой GMSK-сигналом;

– BPSK (Binary Phase-Shift Keying) – скачкообразное переключение фазы синусоидального сигнала на  $180^\circ$  при неизменной амплитуде, при этом фазе  $0^\circ$  ставится в соответствие логический ноль, а  $180^\circ$  логическая единица.

Задается произвольная последовательность бит длительностью  $\tau_0$  (по стандарту GSM  $\tau_0 = 3.36 \cdot 10^{-6} c$ ), формируются каналные сигналы на основе собственных векторов, Гауссовской двухпозиционной частотной манипуляции с минимальным сдвигом (GMSK) и обычной фазовой манипуляции. Канальные сигналы подвергаются воздействию белого шума различной мощности, и восстановление исходного информационного вектора осуществляется соответствующими методами. Оцениваются три основных параметра: объем переданной полезной информации, вероятность ошибки при различном уровне воздействия помехи и количество энергии, попавшее за пределы выделенной полосы частот. На рисунке ниже представлены средние квадраты модулей трансформант Фурье.

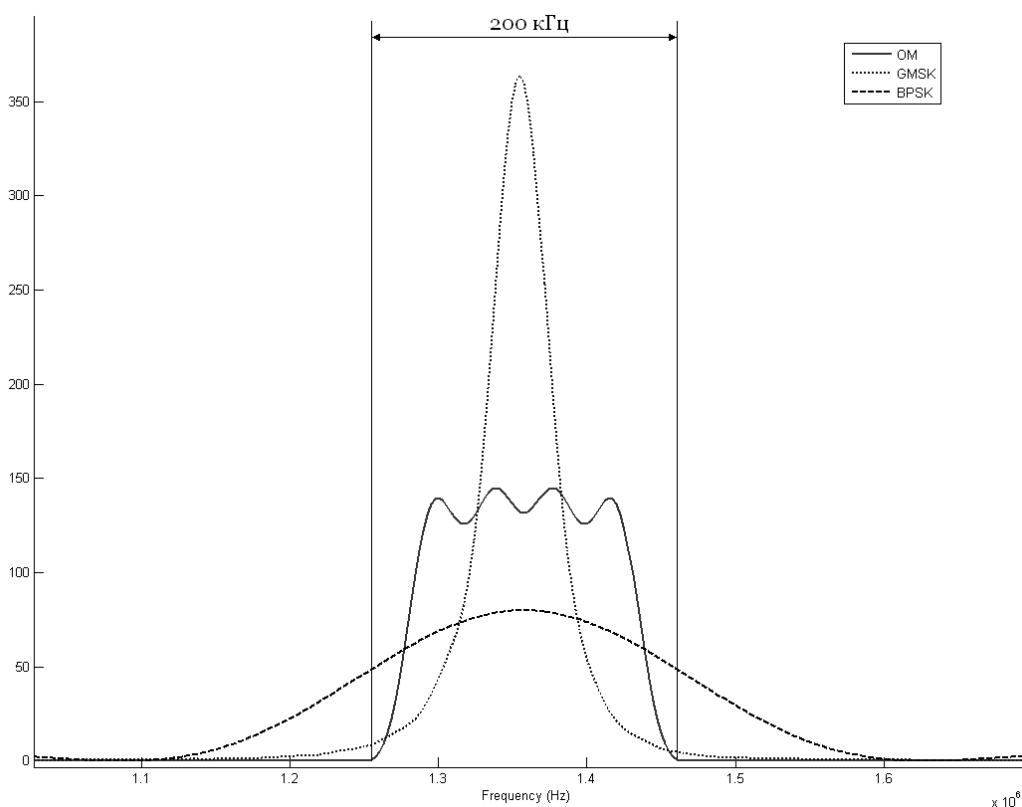


Рис. 1. Среднее распределение энергии сравниваемых методов формирования каналных сигналов в заданной частотной полосе

Вычисление количества энергии попавшей за пределы выбранной полосы рассчитывались по формуле:

$$E = 1 - \frac{\vec{x} \cdot A \cdot \vec{x}'}{\sum_{i=1}^N x_i^2}, \quad (23)$$

где  $\vec{x}$  – сформированный каналный сигнал,  $A$  – субполосная матрица, элементы которой рассчитаны для заданного диапазона частот по формуле (11). Результаты экспериментов представлены в табл. 1.



Таблица 1

**Доля энергии за пределами частотного диапазона различных методов передачи**

Оптимальный метод	0,001673
GMSK	0,043116
BPSK	0,360282

Оценивание помехоустойчивости моделируемых методов осуществлялось следующим образом: выбирались различные уровни энергии белого шума по отношению к уровню энергии канального сигнала, на приемной стороне проводилась демодуляция и сравнение с исходной передаваемой информацией. Для средней оценки помехоустойчивости метода проводилось порядка  $10^6$  экспериментов, и результаты усреднялись. Вероятность ошибки рассчитывалась по следующей формуле:

$$P = \frac{N_{\text{ош}}}{J \cdot N_{\text{экс}}}, \quad (24)$$

где  $N_{\text{ош}}$  – количество неверно принятых бит на протяжении всех экспериментов,  $N_{\text{экс}}$  – количество экспериментов;  $J$  – количество передаваемых бит.

В таблице 2 приведены результаты эксперимента по проверке помехоустойчивости моделируемых методов, при различных соотношениях сигнал/шум.

Таблица 2

**Вероятность ошибки при различных уровнях соотношений сигнал/шум**

Шум/Сигнал	Оптимальный метод	BPSK
10	0,32546	0,32589
4	0,13346	0,13225
2	0,01306	0,01267
1,33	0,00041	0,00045
1	3,75e-006	3,75e-006
0,5	0	0

Как видно из таблицы вероятность правильного приема при передаче информации оптимальным методом сравнима с двоичной фазовой манипуляцией, которая обладает наиболее высокой помехоустойчивостью среди существующих методов. Высокая помехоустойчивость оптимального метода обуславливается тем, что при передаче информационных бит используются собственные векторы субполосных матриц, которые, как известно, ортогональны друг к другу.

Скорости передачи информации сравниваемых методов одинаковы (1 бит=1 бод), но при этом энергия канального сигнала сформированный на основе собственных векторов имеет на порядок ниже долю энергии за пределами заданной полосы, если сформировать канальный сигнал с долей энергии за пределами полосы около 1% – 4% то станет возможной передача 10-12 бит (1,2-1,5 бит = 1 бод), не теряя при этом в помехоустойчивости.

Таким образом, разработанный метод позволяет существенно повысить эффективность использования частотных ресурсов путем минимизации доли энергии за пределами заданного частотного интервала, также при этом существенно понизить интерференцию между соседними каналами. Кроме того, сформированный канальный сигнал обладает помехоустойчивостью сравнимой с наиболее помехоустойчивой двоичной фазовой манипуляцией, без потерь в скорости передачи информации.



### Литература

1. Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.И. MATLAB 7. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.
2. Жиликов Е.Г. Вариационные методы анализа и построения функций по эмпирическим данным: моногр. / Е.Г. Жиликов. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – 160 с.
3. Кузнецов М.А. GPRS – технология пакетной передачи данных в сетях GSM / Кузнецов М.А., Абатуров П.С., Никодимов И.Ю., Певцов Н.В., Рыжков А.Е., Сиверс М.А.. СПб.: Судостроение, 2002. – 144 с.
4. Прохоренко Е.И., Урсол Д.В., Устинова А.В. «Новый метод отображения частотно-временных энергетических характеристик речевых данных» // Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи имени А.С.Попова. – Москва, 2007. (Серия: цифровая обработка сигналов и ее применение)
5. Рабинер, Л.Р. Цифровая обработка речевых сигналов [Текст]: Пер. с англ. / Рабинер Л.Р., Шафер Р.В.; под ред. Назарова М.В., Прохорова Ю.Н.. – М.: Радио и связь 1981. – 495 с.

## OPTIMAL CHANNEL SIGNALS FOR DIGITAL TRANSMISSION WITH FREQUENCY MULTIPLEXING

**E.G. ZHILYAKOV**  
**S.P. BELOV**  
**D.V. URSOL**

*Belgorod State University*

*e-mail: Zhilyakov@bsu.edu.ru*

In article the new method of formation the channel signals with minimum "infiltration" of energy outside set limits of frequency band, as alternative now in use, such as GMSK and BPSK modulations. Results of computing experiments in comparison of the specified methods in speed of transfer, efficiency of an occupied channel bandwidths and probability of occurrence of erroneous bits.

Keywords: a channel signal, data transmission methods, digital communication, mobile systems.



## О НОВОМ МЕТОДЕ КОМПРЕССИИ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРОРЕЖИВАНИЯ

**И.И.ЧИЖОВ**  
**Т.Н.СОЗОНОВА**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: chizhov@bsu.edu.ru*

В статье предложен новый метод уменьшения битовых представлений речевых данных на основе прореживания. Данный метод может быть применен в любых приложениях связанных с компрессией речевого сигнала, например в IP-телефонии. В основе метода лежат оригинальные математические методы цифровой обработки сигналов, что делает его принципиально не схожим с существующими на сегодняшний день методами сжатия речевых данных с потерями.

Ключевые слова: речевой сигнал, сжатие данных, прореживание, интерполяция, среднеквадратическое отклонение.

### **Введение**

В современных системах IP-телефонии, конференц-связи, голосовой почты, мобильной связи и т.д. получили широкое распространение различные методы сжатия речевых данных с потерями. Подобных технологий как правило работают по следующему алгоритму: оцифрованный с помощью АЦП (аналого-цифрового преобразователя) речевой сигнал сжимается при помощи одного из методов компрессии, наиболее популярный из которых – G.723.1 – занимает полосу 5,3/6,3 Кбит/с.

Напомним, что битрейтом принято называть количество бит необходимых для кодирования секунды мультимедиа потока.

В условиях публичных сетей интернет почти все используемые в настоящее время кодеки оказались весьма восприимчивы как к задержкам, так и к потерям пакетов. Так, по оценкам MOS (Mean Opinion Score – усредненное мнение экспертов) при задержках более 150–200 мс начинается заметное ухудшение качества связи, а при «массовых потерях» IP-пакетов, когда теряется существенная часть предыстории временного ряда (оцифрованных голосовых отсчетов) в канале можно услышать характерное искажение сигнала – «бульканье». В таких случаях, как правило, применяют кодек G.711 и дополнительно используют так называемый алгоритм сокрытия потерь (PLC, Packet Loss Concealment). Но и в этом случае многие эксперты оказываются неудовлетворены результатами работы алгоритма сжатия.

Общая характеристика современных методов сжатия речевого сигнала с потерями (кодеков) приведена в табл. 1.

*Таблица 1*

**Современные кодеки**

Кодек	Качество	Битрейт, Кбит/с	Устойчивость к потерям пакетов	Задержка, вносимая кодеком, мс
G.711	высокое	64	Низкая	0,125
G.729	среднее	8	очень низкая	15
G.723.1	среднее	6,3/5,3	очень низкая	37,5
GSM-FR/EFR	Среднее	13/12,2	очень низкая	20

Несложно заключить, что для приближения восстановленного речевого сигнала к оригиналу существующим методам сжатия речевого сигнала с потерями необходимо увеличивать битрейт, что создает дополнительную нагрузку на каналы передачи данных и, как следствие, приводит к увеличению потери пакетов. Таким образом, необходимо снизить объем битовых представлений речевых сигналов без существенной потери субъективного качества, что позволит производить резервирование переда-

ваемого сигнала в режиме реального времени без дополнительной нагрузки на канал связи, т.к. степень сжатия каждого их потоков выше, и существенно снизит риск потери пакетов при передаче по сети Интернет.

Данные предложения позволяют говорить о необходимости разработки нового метода сжатия речевых данных с потерями.

### **Разработка нового метода сжатия речевых данных**

Целью предлагаемого метода является уменьшение битовых представлений речевого сигнала за счет удаления неинформативной, в психоакустическом смысле (т.е. удаление которых не отражается на субъективном качестве сигнала), составляющей сигнала (шумов, пауз и т.д.) со степенью сжатия в 1,5 – 2 раза превышающей аналогичный параметр у кодеков G723.1 (которые обладают наименьшим битрейтом из стандартизованных в настоящее время). Для достижения данной цели, на этапе кодирования решаются две последовательные задачи:

– прореживание исходного речевого сигнала с оставлением значимых, в психоакустическом смысле, составляющих;

– снижение энтропии полученных последовательности путем блочной комбинации по принципу подобию выбранных в ходе решения первой задачи значений и их статистическое сжатие арифметическим методом.

Рассмотрим предлагаемый метод уменьшения битовых представлений речевого сигнала более подробно.

На первом этапе кодирования речевого сигнала осуществляется оценка первой производной по вариационному методу.

Данный метод численного дифференцирования был выбран из соображения повышения устойчивости получаемых оценок производных, так как существенным недостатком существующих подходов к численному дифференцированию сигнала по его дискретным значениям является неустойчивость получаемых оценок производных.

Повысить устойчивость оценок производных можно путем использования вариационного принципа минимизации квадрата евклидовой нормы  $\|f\|^2 = \int_{-\infty}^{\infty} f^2(x)dx$

оценки первой производной аппроксимирующей функции  $f(t) = d\hat{u}(t)/dt$  при выполнении интерполяционных условий

$$\hat{u}_i = \hat{u}(i\Delta t) = u_i, i = 0, 1, \dots, N. \quad (1)$$

где  $\Delta t$  – интервал дискретизации.

Так же, с позиций повышения устойчивости оценок производных предлагается использовать класс аппроксимирующих функций с финитными областями определения трансформант Фурье (с финитными спектрами Фурье), что вместе с тем позволяет получать устойчивые оценки производных высших порядков как результат дифференцирования частотного представления для первой производной

$$f(t) = \int_{\omega \in \Omega} F(\omega) \exp(j\omega t) d\omega / 2\pi, \Omega = [-\Omega_2, -\Omega_1) \cup [\Omega_1, \Omega_2); 0 \leq \Omega_1 < \Omega_2 < \infty,$$

где предполагается, что соотношение для трансформанты Фурье первой производной  $F(\omega)$  получается в результате минимизации её нормы с учётом интерполяционных условий (1). Ясно, что правая часть последнего соотношения является дифференцируемой произвольное количество раз.

Рассмотрим более подробно математические основы метода.

Пусть в результате измерений в эквидистантных точках  $t_i = i\Delta t$   $i = 0, \dots, N$ , интервала

$$t \in [0, N\Delta t], \quad (2)$$



области определения некоторого сигнала  $u(t)$  получен набор дискретных значений сигнала

$$\vec{u} = (u_0, \dots, u_N)^T, \quad u_i = u(i\Delta t), \quad i = 0, \dots, N, \quad (3)$$

где символ Т означает транспонирование.

Из соображений адекватности представляется целесообразным областью определения аппроксимирующей функции считать всю числовую ось, т.е.

$$-\infty \leq t \leq \infty. \quad (4)$$

При этом на основе физических соображений можно утверждать, что речевые сигналы являются непрерывными со всеми своими производными. Таким образом, для достижения адекватности необходимо, чтобы в любой точке области определения существовали и были непрерывными производные любого порядка, причем выполнялись неравенства

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\hat{u}^{(k)}(t)|^2 dt < \infty, \quad k = 0, 1, \dots \quad (5)$$

В основе дальнейших построений используется представление

$$\hat{u}(t) = u_0 + \int_0^t f(\tau) d\tau, \quad (6)$$

которое позволяет по оценке производной вычислить интерполирующую функцию. Очевидно, что при этом должны выполняться интерполяционные равенства вида (3).

Для повышения устойчивости вычислений оценок производных речевого сигнала по регистрируемым дискретным значениям предлагается использовать аппроксимирующие функции с финитными спектрами Фурье, которые представимы в виде

$$f(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{\omega \in \Omega} F(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega, \quad (7)$$

где  $\Omega$  – интервал оси частот

$$\Omega = [-\Omega_2, -\Omega_1) \cup [\Omega_1, \Omega_2); \quad \Omega_1 < \infty; \quad \Omega_2 < \infty,$$

$F(\omega)$  – трансформанта Фурье, связанная с модельной функцией дуальным (7) соотношением

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau. \quad (8)$$

Выбор области определения  $\Omega$  трансформанты Фурье определяется исходя из статистических свойств речевого сигнала.

Подстановка представления (7) в правую часть (6) позволяет получить соотношение для интерполирующей функции на основе трансформанты Фурье производной

$$\hat{u}(t) = u_0 + \frac{1}{2\pi} \int_{\omega \in \Omega} F(\omega) \frac{\sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)}{\omega/2} e^{\frac{j\omega t}{2}} d\omega, \quad (9)$$

так что условиям интерполяции (1) нетрудно придать вид

$$\frac{1}{2\pi} \int_{\omega \in \Omega} F(\omega) \frac{\sin\left(\frac{\omega \Delta t i}{2}\right)}{\omega \Delta t / 2} e^{\frac{j\omega \Delta t i}{2}} d\omega = v_i / \Delta t, \quad (10)$$

где



$$v_i = (u_i - u_0), i = 1, \dots, N. \quad (11)$$

Для отбора конкретной аппроксимации из класса (7) предлагается использовать вариационный принцип минимизации евклидовой нормы оценки производной, что также повышает устойчивость вычислений. На основе представления (7) и равенства Планшереля, этому принципу нетрудно придать вид

$$\int_{-\infty}^{\infty} f^2(\tau) d\tau = \frac{1}{2\pi} \int_{\omega \in \Omega} |F(\omega)|^2 d\omega = \min, \quad (12)$$

Таким образом, задача сводится к поиску решения вариационной изопериметрической задачи, определяемой условием (12) и ограничениями вида (10). В работе показано, что искомое решение представимо в виде

$$F(\omega) \equiv \sum_{i=1}^N \beta_i \frac{\sin\left(\frac{\omega \Delta t i}{2}\right)}{\omega \Delta t / 2} e^{-\frac{j\omega \Delta t}{2} i}, \quad (13)$$

когда  $\omega \in \Omega$  и  $F(\omega) = 0$  нулю в противном случае.

Для вычисления вектора множителей Лагранжа  $\vec{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_N)^T$  следует воспользоваться подстановкой представления (13) в левые части равенств (10). В результате нетрудно получить систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), которым должен удовлетворять набор коэффициентов в (13)

$$A\vec{\beta} = \vec{v} = (v_1, \dots, v_N)^T, \quad (14)$$

где

$$A = \{a_{ki}\}; \quad a_{ik} = \frac{1}{\pi} \int_{\bar{\Omega}_1}^{\bar{\Omega}_2} \frac{\sin\left(\frac{xk}{2}\right) \sin\left(\frac{xi}{2}\right)}{\left(\frac{x}{2}\right)^2} \cos\left[\frac{x}{2}(k-i)\right] dx; \quad \bar{\Omega}_r = \Delta t \Omega_r, r = 1, 2. \quad (15)$$

В строгом смысле симметричная матрица с элементами вида (15) является положительно определенной. Отметим, что если интервал интегрирования в (15) удовлетворяет условию

$$\bar{\Omega}_2 - \bar{\Omega}_1 = N\Delta t(\Omega_2 - \Omega_1) \geq 2\pi, \quad (16)$$

то определитель матрицы  $A$  будет заметно больше нуля, следовательно решение СЛАУ вида (14) будет устойчивым. Если же, в целях повышения гладкости решения, интервал интегрирования удовлетворяет условию

$$N(\bar{\Omega}_2 - \bar{\Omega}_1) < \pi, \quad (17)$$

то определитель матрицы  $A$  будет близок к нулю, следовательно решение СЛАУ вида (14) будет неустойчивым. В этом случае при вычисления вектора  $\vec{\beta}$  предлагается использовать псевдообратную матрицу  $A^+$ .

$$A^+ = Q_1 L_1^{-1} Q_1^T, \quad (18)$$

$$L_1 = \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_J), \quad \lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_J > 0, \quad Q_1 = (\vec{q}_1, \dots, \vec{q}_J).$$

Отметим, что с позиций рассматриваемой проблемы неравенство (16) позволяет управлять параметрами интерполяционного процесса, чем обеспечивается его сходимость при любом шаге дискретизации  $\Delta t$ .

На основе соотношений (13) и (15) нетрудно получить вычислительную формулу для оценивания производной сигнала по его дискретным значениям

$$f(\tau) = \frac{1}{\pi} \sum_{i=1}^N \beta_i \int_{\Omega_1}^{\Omega_2} \frac{\sin\left(\frac{\omega \Delta t}{2} i\right)}{\omega \Delta t / 2} \cos\left[\omega\left(\tau - i \Delta t / 2\right)\right] d\omega. \quad (19)$$

Вследствие того, что речевой сигнал представляет собой эквидистантный набор дискретных значений и, как правило, анализируется оконным способом, то с учетом СЛАУ (14) можно получить следующую вычислительную формулу.

$$\vec{f} = (f(\tau_1), \dots, f(\tau_L))^T = B A^+ \vec{v}, \quad (20)$$

где

$$B = \{b_{ki}\}; \quad k = 1, \dots, L; \quad i = 1, \dots, N.$$

$$b_{ki} = \frac{1}{\pi} \int_{\Omega_1}^{\Omega_2} \frac{\sin\left(\frac{\omega \Delta t}{2} i\right)}{\omega \Delta t / 2} \cos\left[\omega\left(\tau_k - i \Delta t / 2\right)\right] d\omega. \quad (21)$$

Удобство применения этих формул заключается в том, что матрицы  $B$  и  $A$  могут быть вычислены заранее и многократно использоваться при обработке каждого окна анализа, что значительно ускоряет процесс вычислений.

Применение данного вариационного метода численного дифференцирования позволяет получить более точные оценки производной речевого сигнала, что способствует точному выбору экстремальных значений сигнала.

На следующем этапе обработки речевого сигнала производится сравнение нормы соседних экстремумов с пороговым значением, выбранным исходя из статистических свойств конкретного речевого сигнала с отбрасыванием значений, не превосходящих установленное пороговое значение, что позволяет отделить неинформативный сигнал от паузы

$$\|Y(i+1) - Y(i)\| > \text{porog}, \quad (22)$$

где  $Y(i)$  – экстремумы сигнала;  
porog – пороговое значение.

Далее осуществляется удаление из полученной последовательности неинформативной, в психоакустическом смысле, составляющей (шумы, погрешности регистрации и т.д.) для чего осуществляется оценка производной второго порядка полученной последовательности по вариационному методу, основанному на дифференцировании выражения для первой производной, с последующей выборкой экстремальных значений второй производной.

Продифференцировав выражение (7), получим

$$\varphi(\tau) = \frac{df}{d\tau} = \frac{j}{2\pi} \int_{\omega \in \Omega} F(\omega) \omega e^{j\omega\tau} d\omega, \quad (23)$$

$F(\omega)$  – трансформанта Фурье.

Используя вариационный принцип минимизации евклидовой нормы производной (12) и условия интерполяции (1), получаем вычислительные формулы для оценки второй производной. Искомое выражение будет иметь вид

$$\varphi(\tau) = df(\tau)/d\tau = \frac{1}{\pi} \sum_{i=1}^N \beta_i \int_{\Omega_1}^{\Omega_2} \frac{\sin\left(\frac{\omega \Delta t}{2} i\right)}{\omega \Delta t / 2} \omega \sin\left[\omega\left(i \Delta t / 2 - \tau\right)\right] d\omega. \quad (24)$$

Так как оценка второй производной осуществляется в фиксированных эквидистантных значениях, нетрудно получить вычислительные соотношения



$$\vec{\varphi} = (BB1)A^+ \vec{v},$$

где

$$BB1 = \{(bb1)_{ki}\}$$

$$(bb1)_{ki} = \int_{\bar{\Omega}_1}^{\bar{\Omega}_2} \frac{\sin\left(\frac{\omega k \Delta t}{2}\right)}{\left(\frac{\omega \Delta t}{2}\right)} \omega \sin\left(\omega \Delta t \left(\frac{k}{2} - \frac{i}{M}\right)\right) d\omega. \quad (25)$$

Таким образом, предложенный метод оценки производных позволяет сохранить исходные значения сигнала, снизить вычислительные нагрузки за счет предварительного вычисления всех используемых матриц и многократного их использования для каждого окна анализа речевого сигнала.

На основе соотношения (25) нетрудно получить представление для квадрата евклидовой нормы предлагаемой оценки второй производной

$$\|\varphi\|^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi^2(\tau) d\tau = \frac{4}{\pi(\Delta t)^2} \sum_{i,k=1}^N \beta_i \beta_k \int_{\bar{\Omega}_1}^{\bar{\Omega}_2} \cos[\omega \Delta t(i-k)/2] \sin(\omega \Delta t i/2) \sin(\omega \Delta t k/2) d\omega$$

Имея в виду определения (14) и предполагая неособенность матрицы с элементами (15), правую часть последнего соотношения нетрудно представить в виде

$$\|\varphi\|^2 = \frac{4}{(\Delta t)^2} \vec{v}^T A^{-1} G A^{-1} \vec{v} / \Delta t$$

где

$$G = \{g_{ik}\}; g_{ik} = \int_{\bar{\Omega}_1}^{\bar{\Omega}_2} \sin(xi/2) \sin(xk/2) \cos(x(i-k)/2) dx / \pi$$

По теореме о среднем, последние соотношения можно представить в виде

$$g_{ik} = \int_{\bar{\Omega}_1}^{\bar{\Omega}_2} x^2 \sin(xi/2) \sin(xk/2) \cos(x(i-k)/2) dx / (x^2 \pi) = C(i,k) * a_{ik}, \quad (26)$$

где  $C(i,k) \in [\bar{\Omega}_1, \bar{\Omega}_2]$  – средняя точка интервала интегрирования, зависящая от сочетаний индексов;  $a_{ik}$  – определяются представлениями (15).

Поэтому, имея в виду соотношение (24), нетрудно получить приближённое соотношение

$$\|\varphi\|^2 \approx (\bar{\Omega}_1 + \bar{\Omega}_2) / 2 * \vec{v}^T A^{-1} \vec{v} / \Delta t = (\bar{\Omega}_1 + \bar{\Omega}_2) / 2 * \|f\|^2 \leq \bar{\Omega}_2 \|f\|^2$$

которое показывает, что получаемая оценка второй производной будет иметь минимальную верхнюю границу евклидовой нормы.

На последнем этапе кодирования полученная последовательность представляет собой речевой сигнал, разделенный на блоки определенной длины, зависящей от статистических свойств определенного участка сигнала, что снижает энтропию выходной последовательности и способствует максимальному сжатию статистическим (арифметическим) методом.

Рассмотрим этап восстановления речевого сигнала из кодированной последовательности.

На первом этапе восстановления происходит декодирование полученной битовой последовательности по статистическому (арифметическому) методу.

На следующем этапе осуществляется восстановление речевого сигнала по полученным информативным составляющим, представленным в виде дискретных отсчетов, путем интерполяции по вариационному методу.

В основе вариационного метода интерполяции используется выражение (6), позволяющее представить функцию через ее производную первого порядка. При этом должны выполняться интерполяционные равенства вида (1)

Аналогично изложенному выше методу численного дифференцирования, полагаем, что производная интерполирующей функции должна обладать финитным спектром, то есть имеет место представление вида (7). Из соображений повышения устойчивости вычислений к воздействиям случайных ошибок измерений, а так же из соображений целесообразности построения функции с наименьшей в смысле евклидовой нормы производной скорости изменения значений для отбора интерполирующей функции используется вариационный принцип минимизации евклидовой нормы оценки производной.

Представление для интерполирующей функции после подстановки в (9) соотношения (13) принимает вид:

$$\hat{u}(\tau) = u_0 + \frac{\tau}{\pi} \sum_{i=1}^N \beta_i \int_{\Omega_1}^{\Omega_2} \frac{\sin\left(\frac{\omega\tau}{2}\right) \sin\left(\frac{\omega\Delta t}{2} i\right)}{\left(\frac{\omega\tau}{2}\right) \left(\frac{\omega\Delta t}{2}\right)} \cos\left[\frac{\omega}{2}(\tau - i\Delta t)\right] d\omega, \quad (27)$$

Вектор коэффициентов здесь должен удовлетворять СЛАУ вида (14), условия устойчивого решения которой определяются неравенством (16).

Отметим еще одну возможность организации вычислений. Если заранее известен набор  $\tau_k$ ,  $k = 1, \dots, L$  интервала  $[0, N\Delta t]$ , в которых предполагается в дальнейшем вычисление интерполирующих функций. Тогда, используя (27) с учетом СЛАУ (14) можно получить следующую вычислительную формулу

$$\hat{\vec{u}} = (\hat{u}(\tau_1), \dots, \hat{u}(\tau_L))^T = u_0 \vec{e}_L + C \vec{v} = R \vec{v} + u_0 \vec{e}_L; \quad (28)$$

где

$$\vec{e}_L = (1, \dots, 1)^T; \\ C = \{c_{ki}\}; \quad c_{ki} = \frac{\tau_k}{\pi} \int_{\Omega_1}^{\Omega_2} \frac{\sin\left(\frac{\omega\tau_k}{2}\right) \sin\left(\frac{\omega\Delta t}{2} i\right)}{\left(\frac{\omega\tau_k}{2}\right) \left(\frac{\omega\Delta t}{2}\right)} \cos\left[\frac{\omega}{2}(\tau_k - i\Delta t)\right] d\omega; \quad (29)$$

В качестве интервала интегрирования в представлениях (27) и (29) предлагается использовать частотный интервал, в котором сосредоточена максимальная доля энергии отрезка речевого сигнала.

Для подтверждения работоспособности предлагаемого метода сжатия речевых данных были проведены вычислительные эксперименты на реальных речевых сигналах, полученных в условиях неидеальной шумовой обстановки, отобранных из генеральной совокупности по методу квотируемой выборки.

Стоит отметить, что в современной науке отсутствует общепринятая численная мера оценки качества звучания звукового сигнала, вместо которой применяется оценка субъективного качества на основе экспертных оценок.

Наиболее типичные из результатов экспериментов по оценке субъективного качества сжатого с потерями речевого сигнала (по десятибалльной шкале) приведены в таблице 2.

В качестве исходных файлов использовались файлы в формате .wav, с частотой дискретизации 8 кГц и глубиной дискретизации 16 бит на отсчет, т.е. с битрейтом 128 кбит/с.

Степень сжатия рассчитывалась по следующей формуле:

$$K_{сж} = \frac{V_{исх}}{V_{сж}},$$

где  $V_{исх}$  – объем исходного файла в формате .wav;  $V_{сж}$  – объем полученной после сжатия статистическим (арифметическим) методом последовательности.



Таблица 2

## Результаты вычислительных экспериментов

№ п/п	Имя файла	Степень сжатия	Оценка субъективного качества	Битрейт
1	Фраза 1	50,2	5	2,55
2	Фраза 2	51,1	5	2,50
3	Фраза 3	52,3	5	2,45
4	Фраза 4	50,5	5	2,53
5	Фраза 5	51,9	5	2,47

**Выводы**

Несложно заметить, что во всех случаях степень сжатия предлагаемого метода более чем в 2 раза превысила степень сжатия у кодеков G723.1 при аналогичном субъективном качестве, что и являлось целью исследования.

В заключении стоит отметить, что приведенный в статье метод сжатия речевых данных базируется на оригинальных математических методах цифровой обработки речевых сигналов, что делает его свободным от любых нарушений авторских и патентных прав владельцев современных методов сжатия речевых данных с потерями.

**Литература**

1. Артюшенко, В. М. Цифровое сжатие видеoinформации и звука [Текст] : учеб. пособие / В. М. Артюшенко, О. И. Шелухин, М. Ю. Афонин ; под ред. В. М. Артюшенко. – М. : Дашков и К, 2003. – 426 с.
2. Баранов, Л. А. Квантование по уровню и временная дискретизация в цифровых системах управления [Текст] / Л. А. Баранов. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 304 с.
3. Витерби, Э. Д. Принципы цифровой связи и кодирования [Текст] / А. Д. Витерби, Дж. К. Омура ; пер. с англ. и под ред. К. Ш. Зигангирова. – М. : Радио и связь, 1982. – 536 с. : ил. – (Статистическая теория связи ; вып. 18).
4. Вологдин, Э. И. Слух и восприятие звука [Текст] : учеб. пособие / Э. И. Вологдин. – СПб. : СТ «Факультет ДВО», 2004. – 52 с.
5. Голд, Б. Цифровая обработка сигналов [Текст] : пер. с англ. / Б. Голд, Ч. Рейдер. – М. : Сов. радио, 1973. – 376 с.
6. Грудинин, А. С. Кодирование сигналов звукового вещания в базисе дискретного косинусного преобразования [Текст] / А. С. Грудинин, А. М. Синильников // Техника средств связи. – 1986. – Вып. 3. – С. 3-10. – (Сер. ТРПА).
7. Жилияков, Е. Г. О субполосном кодировании сигнала [Текст] / Е. Г. Жилияков, И. Г. Попов, И. И. Чижов // Вестник НТУ (ХПИ) : сб. науч. тр. – Харьков, 2004. № 46. – С. 10-20. – (Тем. вып. «Информатика и моделирование»).
8. Жилияков, Е. Г. Оптимальный синтез квантователя по уровню [Текст] / Е. Г. Жилияков, И. Г. Попов, И. И. Чижов // Вестник НТУ (ХПИ) : сб. науч. тр. – Харьков, 2004. – № 46. – С. 101-106. – (Тем. вып. «Информатика и моделирование»).
9. Ковалгин, Ю. А. Цифровое кодирование звуковых сигналов : учеб. пособие [Текст] / Ю. А. Ковалгин, Э. И. Вологдин. – СПб. : КОРОНА-принт, 2004. – 240 с.

## THE NEW METHOD OF SPEECH COMPRESSION BASED ON DECIMATION

I.I. CHIZHOV  
T.N.SOZONOVA

*Belgorod state university*

*e-mail: chizhov@bsu.edu.ru*

In the article the new method of speech compression is given. This method can be used in such applications as IP-telephony and so on. This method is based on the own mathematical methods this is why it is completely different from the other methods of speech compression.

Key words: speech signal, data compression, decimation, interpolation, the relative error.



## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ

**В.В.МУРОМЦЕВ**

**А.В. КУРЛОВ**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail:*

*muromtsev@bsu.edu.ru  
Kurlov@bsu.edu.ru*

В работе предложено использовать микроконтроллер ADuC7020 для цифровой обработки речевых сигналов. Дана краткая характеристика аппаратного и программного обеспечения, разработанного для исследования возможности реализации устройств, осуществляющих цифровую обработку речевых сигналов на базе микроконтроллера ADuC7020.

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов, микроконтроллер, AduC7020.

### **Постановка задачи**

На базе микроконтроллеров (МК) строится большинство современных встраиваемых систем. Для классификации МК чаще всего используют разрядность обрабатываемых данных. До настоящего времени все еще широко используются 8-разрядные МК. Однако рост функциональности встраиваемых систем ведет к тому, что все больше разработчиков переходят на 32-разрядные МК. Такому переходу также способствует появление 32-разрядных контроллеров, соединивших в себе низкую стоимость и большую функциональность.

Среди 32-разрядных МК широко распространены контроллеры с ядром ARM7, разработанным компанией ARM [1]. Компания поставляет свои разработки в электронном виде. Клиентами ARM являются многие известные компании, производящие микросхемы. Одним из таких клиентов является компания Analog Devices, которая выпускает МК серии ADuC702x созданные на базе ядра ARM7TDMI [2].

Контроллеры ADuC702x широко применяются в промышленном оборудовании, средствах связи, медицине, автомобильной электронике и др. Особенностью МК серии ADuC702x является наличие в них прецизионной аналоговой части. Однако, несмотря на это вопросы использования данных МК для обработки звуковых сигналов мало исследованы. Все контроллеры серии имеют многоканальные 12-разрядные аналого-цифровой (АЦП) и цифро-аналоговый преобразователи (ЦАП). Естественно, что 12 разрядов не достаточно для построения большинства устройств, осуществляющих обработку звука, но для обработки речевых сигналов большая разрядность, как правило, не нужна. К таким устройствам можно отнести переговорные устройства, слуховые аппараты, цифровые диктофоны и др.

В статье рассматривается начальная стадия работ по исследованию возможности реализации устройств, осуществляющих цифровую обработку речевых сигналов, на базе МК ADuC7020 [3]. Дается краткое описание аппаратного и программного обеспечения, созданного для проведения такого исследования.

### **Аппаратное обеспечение**

Для исследования возможности использования МК ADuC7020 для обработки речевых сигналов было разработано устройство, на входы которого можно подавать сигналы с линейного выхода некоторого аудиоустройства (используется выход аудиокарты персонального компьютера) или с конденсаторного микрофона. Устройство осуществляет цифровую обработку входных сигналов и формирование выходного аналогового сигнала, который усиливается и может быть прослушан через наушники или подан на линейный аудиовход (используется вход аудиокарты компьютера). Для программирования МК используется персональный компьютер. Связь устройства с компьютером осуществлена по COM-порту. В качестве среды разработки программ для МК используется программная система IAR Embedded Workbench [4].

Входной сигнал с микрофона усиливается с помощью микрофонного усилителя, созданного на базе микросхемы MAX9814 [5]. С выхода микрофонного усилителя сигнал подается на один из каналов АЦП МК ADuC7020. После обработки сигнал выдается на один из каналов ЦАП, к которому подключен выходной усилитель. Выходной усилитель реализован на микросхеме MAX9724 [6].

Сигнал с линейного входа устройства приводится к уровню 0..Vref и подается на свободный канал АЦП, где Vref – опорное напряжение. Для получения Vref используется внутренний источник опорного напряжения МК. После обработки сигнал выдается на один из свободных каналов ЦАП, к которому подключен выходной усилитель. Стабилизатор напряжения реализован на микросхеме ADP3333ARM-3.3 [7].

### Программное обеспечение

Обработка сигнала в МК заключается в выполнении в реальном времени последовательности тактов. Каждый такт включает следующие действия:

- Прием с АЦП  $n$  отсчетов входного сигнала, поступающих с интервалом  $\Delta t = 1/f_d$  с., где  $f_d$  – частота дискретизации.
- Обработка принятых данных.
- Передача обработанных данных на ЦАП.

Перечисленные действия выполняются параллельно. Для этого организован циклический буфер, состоящий из трех сегментов Sinp, Sout, Sprout, каждый из которых состоит из  $n$  ячеек. Физическая структура данных циклического буфера представлена на рис.1.а.

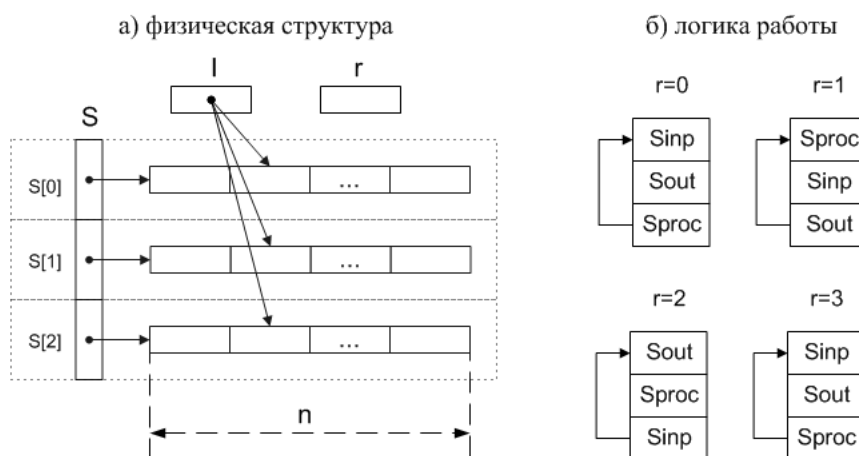


Рис. 1. Структура циклического буфера

В процессе работы данные сегмента  $Sout = S[(r+1)\%3]$  передаются на ЦАП, данные сегмента  $Sproc = S[(r+2)\%3]$  обрабатываются, а сегмент  $Sinp = S[r\%3]$  заполняется данными с АЦП. Здесь  $r$  – номер такта, “%” – операция нахождения остатка от деления. Таким образом реализуется циклический сдвиг сегментов Sinp, Sout, Sprout на каждом такте работы (см. рис.1.б). Если время обработки данных сегмента Sprout превышает  $t = \Delta t \cdot n$  с., то возникает ошибка.

Принцип работы программного обеспечения МК проиллюстрирован диаграммой конечного автомата, представленной на рис. 2. Работа начинается с инициализации оборудования, переменных, служащих для синхронизации работы, и перехода в состояние “Main”. В этом состоянии анализируется переменная data, которая принимает значение 1 в том случае, когда данные для обработки подготовлены, т.е. когда сегмент Sinp заполнен и переименован в Sprout (осуществлен переход на следующий такт работы). Если значение data равно 0, то программа остается в состоянии “Main”. Если значение data равно 1, то из состояния “Main” осуществляется переход в состоя-

ние “Processing”, в котором осуществляется обработка принятых данных. При выполнении перехода переменной `proc` присваивается 1, а переменной `data` присваивается 0.

После окончания обработки данных переменной `proc` присваивается 0 и осуществляется переход из состояния “Processing” в состояние “Main”.

В любом из двух рассмотренных состояний программа может быть остановлена (событие “exit”) и может быть осуществлен переход на обработку прерывания АЦП. Данное прерывание возникает в том случае, когда очередное преобразование входного сигнала завершено. Запуск преобразования начинается по сигналу таймера, который генерируется с интервалом времени  $\Delta t$ .

При обработке прерывания программа переходит в состояние “Interruption”. Если в этом состоянии номер текущего элемента сегмента равен  $n$  ( $I==n$ ), то это означает, что сегмент `Sinn` заполнен данными. В этом случае осуществляется переход в состояние “Full segment”, в котором проверяется, завершена ли обработка данных сегмента `Sproc`, т.е. проверяется значение переменной `proc`. Если обработка данных не завершена (`proc==1`), то устанавливается признак ошибки (`error=1`) и обработка данных возобновляется (происходит возврат в состояние “Processing”). Если обработка завершена (`proc==0`), то переменной `data` присваивается 1, осуществляется переход на новый такт ( $i++$ ,  $I=0$ ) и активизируется состояние “Set and get data”.

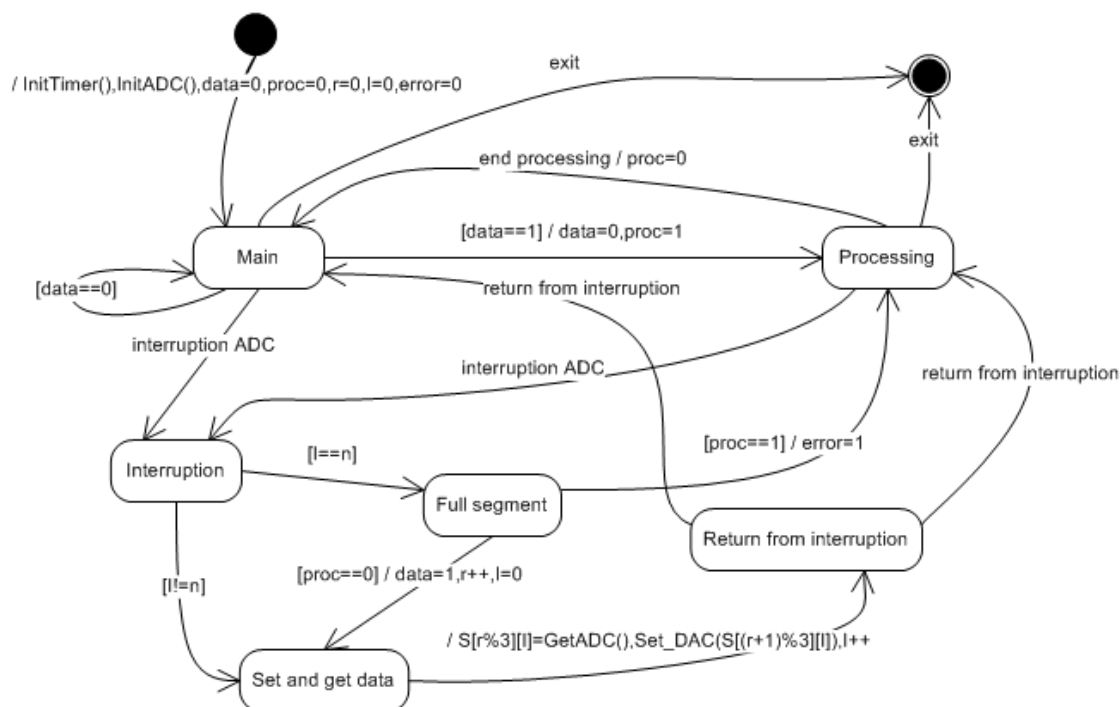


Рис. 2. Диаграмма конечного автомата

Если в состоянии “Interruption” номер текущего элемента сегмента не равен  $n$  ( $I!=n$ ), то это означает, что сегмент `Sinn` еще не заполнен данными. В этом случае осуществляется переход в состояние “Set and get data”.

В состоянии “Set and get data” текущему элементу сегмента `Sinn` присваивается результат преобразования АЦП и значение текущего элемента сегмента `Sout` передается на ЦАП. После таких действий номер текущего элемента увеличивается на 1 ( $I++$ ). На этом обработка прерывания АЦП заканчивается и осуществляется возврат в состояние “Main” или “Processing”, в зависимости от того какое из этих двух состояний было активно до возникновения прерывания.



### Выводы

Разработанное аппаратное и программное обеспечение позволяет создавать прототипы устройств, осуществляющих цифровую обработку речевых сигналов на базе МК ADuC7020. Предварительные исследования показали, что такое нетрадиционное использование МК вполне оправдано и имеет практическую значимость. Однако на МК ADuC7020 можно реализовать только простые алгоритмы, что обусловлено его невысокой производительностью, это ограничивает область применения данного МК.

### Литература

1. ARM – the architecture for the digital world [Электронный ресурс]: сайт компании ARM. – Режим доступа: <http://www.arm.com/>, свободный.
2. Analog Devices [Электронный ресурс]: официальный сайт компании Analog Devices. – Режим доступа: <http://www.analog.com/en/analog-microcontrollers/products/index.html>, свободный.
3. Analog Devices. Precision Analog Microcontroller, 12-Bit Analog I/O, ARM7TDMI® MCU Analog Devices [Электронный ресурс]: технические характеристики прецизионных аналоговых микроконтроллеров компании Analog Devices. – Режим доступа: [http://www.analog.com/static/imported-files/data\\_sheets/ADUC7019\\_7020\\_7021\\_7022\\_7024\\_7025\\_7026\\_7027\\_7028.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADUC7019_7020_7021_7022_7024_7025_7026_7027_7028.pdf), свободный.
4. IAR Systems [Электронный ресурс]: сайт компании IAR Systems. – Режим доступа: <http://www.iar.com/website1/1.0.1.0/3/1/>, свободный.
5. MAXIM. MAX9814. Microphone Amplifier with AGC and Low-Noise Microphone Bias [Электронный ресурс]: технические характеристики микросхем серии MAX9814 компании MAXIM. – Режим доступа: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX9814.pdf>, свободный.
6. MAXIM. MAX9724A/MAX9724B. 60mW, DirectDrive, Stereo Headphone Amplifier with Low RF Susceptibility and Shutdown [Электронный ресурс]: технические характеристики микросхем серии MAX9814 компании MAXIM. – Режим доступа: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX9724-MAX9724B.pdf>, свободный.
7. Analog Devices. High Accuracy Ultralow IQ, 300 mA, anyCAP Low Dropout Regulator. ADP3333. [Электронный ресурс]: технические характеристики микросхем серии ADP3333 компании Analog Devices. – Режим доступа: [http://www.analog.com/static/imported-files/data\\_sheets/ADP3333.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADP3333.pdf), свободный.

## ABOUT USAGE OF MICROCONTROLLERS FOR PROCESSING OF SPEECH WAVEFORMS

V.V. MUROMTSEV

A. V. KURLOV

*Belgorod State University*

*e-mail:*

*[muromtsev@bsu.edu.ru](mailto:muromtsev@bsu.edu.ru)*

*[Kurlov@bsu.edu.ru](mailto:Kurlov@bsu.edu.ru)*

In operation it is offered to use microcontroller ADuC7020 for digital processing of speech waveforms. The short characteristic hardware and the software developed for research of possibility of implementation of devices, speech waveforms carrying out digital processing on the basis of microcontroller AduC7020 is given.

Keywords: digital processing of signals, the microcontroller, AduC7020.

## ОСНОВАННЫЕ НА ВЕЙВЛЕТАХ ГИСТОГРАММЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЛЕКТИВНОСТИ ЗАПРОСОВ

**А.М.ЛОГВИНОВ, Ю.Е.ПОЛЕНОВА,  
Г.А.ТРАВИН, М.Г.ТРАВИН**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: travin@bsu.edu.ru*

В статье предлагается метод, основанный на кратномасштабном вейвлет-преобразовании для построения гистограмм на основных распределениях данных применительно к базам данных, статистике и моделированию. Гистограммы, основанные на совокупных значениях данных, дают очень хорошее приближение с ограниченным используемым объемом памяти. Предлагаются быстрые алгоритмы построения гистограмм и их использование для оценки селективности в режиме прямого доступа.

Ключевые слова: база данных, вейвлет, гистограмма, запрос, селективность

### **Введение**

Некоторые важные компоненты систем управления базами данных (СУБД) требуют точной оценки селективности конкретного запроса. Например, оптимизаторы запросов используют это для оценки точности конкретного запроса при оценке затрат различных вариантов его выполнения и выбора наиболее удачного варианта. При этом множество рассматриваемых предикатов представляют запросами выбора, в частности предикатов диапазона вида  $a < X < b$ , где  $X$  — неотрицательный атрибут области отношений  $R$ , а  $a$  и  $b$  — константы. Множество равных предикатов — подмножество предикатов диапазона, соответствующих  $a = b$ . Множество односторонних предикатов диапазона — особый случай предикатов диапазона, в котором  $a = -\infty$  или  $b = \infty$ .

Для оптимизации запросов требуемые данные представляют в виде данных различных гистограмм [1], по которым делается оценка селективности запросов. Математическая модель постановки задачи состоит в следующем.

Область определения  $D = \{0, 1, 2, \dots, N-1\}$  атрибута  $X$  есть множество всех значений  $X$ . Множество значений  $V \subseteq D$  включает  $n$  определенных значений  $X$ , фактически представленных в отношении  $R$ . Пусть  $v_1 < v_2 < \dots < v_n$  —  $n$  значений  $V$ . Разброс  $s_i$  от  $v_i$  определяется, как  $s_i = v_{i+1} - v_i$  (мы принимаем  $s_0 = v_1$ , а  $s_n = 1$ ). Частота  $f_i$  от  $v_i$  представляет собой число записей, в которых  $X$  принимает значение  $v_i$ . Совокупная частота  $c_i$  от  $v_i$  — число записей  $t \in R$  с  $t.R \leq v_i$ , т.е.  $c_i = \sum_{j=1}^i f_j$ . Представление данных для  $X$  состоит из множества пар  $T = \{(v_1, f_1), (v_2, f_2), \dots, (v_n, f_n)\}$ . Обобщенное представление данных для  $X$  состоит из множества пар  $T^C = \{(v_1, c_1), (v_2, c_2), \dots, (v_n, c_n)\}$ . Расширенное обобщенное представление данных для  $X$ , обозначаемое  $T^{C+}$ , образуется из множества  $T^C$  путем дополнения его до размера области  $D$  присвоением нулевого значения всем частотам в  $D - V$ .

Для оценки селективности может использоваться случайное осуществление выборки. Самый простой способ использовать случайное осуществление выборки для оценки селективности во время автономной фазы состоит во взятии случайной выборки определенного размера (в зависимости от ограничения размера каталога) по отношению. Когда запрос представлен в фазе оперативного режима, запрос сравнивается с выборкой, и селективность оценивается явным способом: Если размер результата за-



проса при использовании выборки размера  $t$  является  $s$ , селективность оценивается как  $sM/t$ , где  $M$  — размер отношения.

Наилучшие показатели получены на основе применения гистограмм  $\text{MaxDiff}(V, A)$  [1]. В то же время дальнейшее совершенствование гистограмм в оценке селективности запросов представляет собой **актуальную задачу**. Цель работы — усовершенствование гистограмм в оценке селективности запросов при ограниченном объеме памяти базы данных, а также разработка быстрых алгоритмов построения гистограмм и их использование для оценки селективности в режиме прямого доступа. Поставленная цель достигнута за счет использования предложенного метода, основанного на кратномасштабном вейвлет-преобразовании для построения гистограмм на основных распределениях данных применительно к базам данных, статистике и моделированию.

### **Предлагаемый метод, основанный на вейвлетах**

Вейвлеты представляют собой математический инструмент для иерархического разложения функций. Вейвлеты выражают функцию в элементах грубой полной формы и деталях, которые располагаются иерархически от грубых к более детальным. Независимо от того, является ли интересующая функция изображением, кривой или поверхностью, вейвлеты предлагают изящную технику для представления различных уровней детализации функции пространственно эффективным способом.

Верхний уровень предлагаемого алгоритма построения основанных на вейвлетах гистограмм работает следующим образом:

1. На шаге предварительной обработки формируется расширенное обобщенное распределение данных  $T^{C+}$  атрибута  $X$  путем преобразования предварительно вычисленного представления  $T$  из исходных данных или из случайной выборки данных.

2. Вычисляется вейвлет-разложение  $T^{C+}$ , что дает ряд  $N$  коэффициентов вейвлетов. В своих экспериментах при разложении мы использовали вейвлеты Хаара и линейные сплайны.

3. Сохраняется только  $m$  наиболее значащих коэффициентов вейвлетов для некоторого  $m$ , соответствующего желаемому использованию памяти. Выбор числа  $m$  сохраняемых коэффициентов зависит от специфичности используемого метода пороговой обработки.

### **Пороговая обработка**

Учитывая ограниченность памяти для гистограммы, мы можем хранить только определенное число коэффициентов вейвлетов  $N$ . Пусть  $m$  обозначает число коэффициентов вейвлетов, для которых имеется пространство для хранения; остальные коэффициенты будут неявно установлены в 0. Обычно мы имеем  $m \ll N$ . Цель пороговой обработки заключается в определении «лучших»  $m$  сохраняемых коэффициентов для минимизации ошибки приближения.

Пусть  $m$  обозначает число коэффициентов вейвлетов, для которых имеется пространство для хранения; остальные коэффициенты будут неявно установлены в 0.

Мы можем измерить ошибку приближения гистограммами несколькими способами. Пусть  $S_i$  — реальный размер запроса  $q_i$ , и пусть  $S'_i$  — предполагаемый размер запроса. Мы использовали следующие три различных меры для ошибки  $e_i$  запроса  $q_i$ :

1. Абсолютная ошибка запроса:

$$e_i^{\text{abs}} = |S_i - S'_i|.$$

2. Относительная ошибка запроса:

$$e_i^{\text{rel}} = \frac{e_i^{\text{abs}}}{S_i} = \frac{|S_i - S'_i|}{S_i}, \text{ где } S_i > 0.$$

3. Совместная ошибка запроса:

$$e_i^{\text{comb}} = \min \{ \alpha e_i^{\text{abs}}, \beta e_i^{\text{rel}} \},$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  — положительные константы. Если  $S_i > 0$ , мы полагаем  $e_i^{\text{comb}} = \alpha e_i^{\text{abs}}$ .

Совместная ошибка отражает важность наличия, как хорошей относительной ошибки, так и хорошей абсолютной ошибки для каждой оценки. Например, для очень малых частот может быть достаточно, если абсолютная ошибка мала, даже если велика относительная ошибка, а для больших частот абсолютная ошибка, возможно, не является столь же значимой как относительная ошибка.

Как только мы определяем, какая из вышеупомянутых мер будет использоваться для представления ошибки определенных запросов, необходимо выбрать норму измерения ошибки совокупности запросов. Пусть  $\mathbf{e} = (e_1, e_2, \dots, e_Q)$  — вектор ошибок последовательности  $Q$  запросов. Полагается, что используется одна из вышеупомянутых трех мер ошибки для каждой из ошибок конкретного запроса  $e_i$ . Например, для абсолютной ошибки, можно записать  $\mathbf{e} = (e_1, e_2, \dots, e_Q) = \mathbf{e}^{\text{abs}} = (e_1^{\text{abs}}, e_2^{\text{abs}}, \dots, e_Q^{\text{abs}})$ . Мы определяем полную ошибку для  $Q$  запросов одной из следующих норм ошибки:

1. Средняя ошибка с одномерной нормой:

$$\|\mathbf{e}\|_1 = \frac{1}{Q} \sum_{i=1}^Q e_i.$$

2. Средняя ошибка с двумерной нормой:

$$\|\mathbf{e}\|_2 = \sqrt{\frac{1}{Q} \sum_{i=1}^Q e_i^2}.$$

3. Средняя ошибка с бесконечномерной нормой:

$$\|\mathbf{e}\|_\infty = \max_{1 \leq i \leq Q} \{e_i\}.$$

Эти меры ошибок представляют собой частные случаи средней ошибки с  $p$ -мерной нормой,  $p > 0$ :

$$\|\mathbf{e}\|_p = \left( \frac{1}{Q} \sum_{i=1}^Q e_i^p \right)^{1/p}, \quad p > 0.$$

Первый шаг пороговой обработки заключается во взвешивании коэффициентов определенным образом (соответствующим специфике используемого базиса, например, ортонормированного). В частности, для базиса Хаара нормализация проводится делением коэффициентов вейвлетов  $\hat{S}(2^j), \dots, \hat{S}(2^{j+1}-1)$  на  $\sqrt{2^j}$ , где  $0 \leq j \leq \log_2 N - 1$ . Для любого данного частного взвешивания предлагаются следующие различные методы пороговой обработки:

1. Выбор  $m$  наибольших по абсолютному значению коэффициентов вейвлетов.
2. Выбор  $m$  коэффициентов вейвлетов поглощающим методом. Например, мы должны выбрать  $m$  наибольших по абсолютному значению коэффициентов вейвлетов, а затем повторно выполнить следующие два шага  $m$  раз:
  - а) выбрать коэффициенты вейвлетов, включение которых приводит к наибольшему снижению ошибки;
  - б) исключить коэффициенты вейвлетов, удаление которых приводит к наименьшему увеличению ошибки.

Другой подход состоит в неоднократном исполнении двух вышеупомянутых шагов до завершения цикла или до незначительного улучшения.

Возможны другие варианты поглощающего метода:

3. Начать с  $m/2$  наибольших (по абсолютному значению) коэффициентов вейвлетов и производить выбор следующих  $m/2$  коэффициентов методом поглощения.
4. Начать с наибольших  $2m$  (по абсолютному значению) коэффициентов вейвлетов, уменьшая их количество до  $m$  методом поглощения.

После вышеупомянутого алгоритма мы получаем  $m$  коэффициентов вейвлетов. Значения этих коэффициентов вместе с их положениями (индексы), сохраняются и служат гистограммой для восстановления приближенного распределения данных на



фазе прямого доступа (фазе запроса). Чтобы вычислить оценку числа кортежей, чье значение  $X$  находится в диапазоне  $a < X < b$ , мы восстанавливаем приближенные значения для  $b$  и  $a-1$  в расширенном обобщенном распределении функции и затем считаем их.

Прямой метод выполнения каждой итерации метода поглощения требует  $O(N^2)$  операций, таким образом, полное число операций составляет  $O(mN^2)$ . С поддержкой особой древовидной структуры динамического программирования мы можем значительно ускорить предварительную обработку.

На фазе запроса использовался запрос диапазона  $a < X < b$ . Восстанавливались аппроксимации обобщенных частот  $a-1$  и  $b$ , обозначенные, как  $c'_a$  и  $c'_b$ , с использованием  $m$  коэффициентов вейвлетов. Ожидаемый размер запроса составляет  $c'_b - c'_a$ .

Время восстановления крайне важно для фазы оперативного режима. Следующий результат допускает быстрое восстановление.

Часто полезно представить гистограмму как явную кусочно гладкую функцию, а не как  $m$  коэффициентов вейвлетов. Для вейвлетов Хаара результирующая функция представляет собой ступенчатую функцию с не более  $3m$  шагами в худшем случае, а для линейных сплайнов — линейную кусочную функцию с не более  $5m$  изменениями наклона в худшем случае. В реальных данных можно ожидать, что число шагов или сегментов очень близко к  $m$  (во многих случаях оно точно  $m$ ). Это свойство было подтверждено обширным набором экспериментов. Предыдущие методы представления гистограмм в виде кусочно гладкой функции требовали  $O(N)$  времени, хотя некоторые исследователи подозревали, что возможна разработка алгоритмов, требующих времени  $O(m \log_2 N)$ . Мы разработали эффективную и практичную технику, используя очередь приоритетов, что предполагает существенное ускорение обработки запросов.

### **Результаты моделирования и экспериментальные данные**

Далее приводится ряд экспериментов, которые проводились для сравнения работы предлагаемой методики, основанной на вейвлетах, с полученными результатами, основанными на случайной выборке и других методах [1, 3]. Используемые искусственные наборы данных взяты от предыдущих исследований формирования гистограмм по тесту TPC-D [4]. Они соответствуют исследованиям типичных данных, найденных в Интернете. Для простоты и облегчения повторяемости, мы использовали метод 1 для пороговой обработки во всех экспериментах с вейвлетами.

Приведем результаты сравнения эффективности гистограмм, основанных на вейвлетах, с гистограммами MaxDiff(V,A) и случайным осуществлением выборки. Для сравнения берутся характеристики гистограмм из предшествующих работ [1]. Так как в указанной работе делается заключение о наилучших показателях гистограмм MaxDiff(V,A), для сравнения были выбраны они.

В экспериментах мы использовали множество искусственных распределений данных, описанных подробно в [1]. Используемые распределения включают типы одномерных распределений по тесту TPC-D [4].

В экспериментах мы использовали восемь различных вариантов запросов:

$$A: \{X \leq b \mid b \in D\};$$

$$B: \{X \leq b \mid b \in V\};$$

$$C: \{a \leq X \leq b \mid a, b \in D, a < b\};$$

$$D: \{a \leq X \leq b \mid a, b \in V, a < b\}$$

$$E: \{a \leq X \leq b \mid a \in D, b = a + \Delta\}, \text{ где } \Delta - \text{положительная целая постоянная};$$

$$F: \{a \leq X \leq b \mid a \in V, b = a + \Delta\}, \text{ где } \Delta - \text{положительная целая постоянная};$$

$$G: \{X = b \mid b \in D\};$$

$$H: \{X = b \mid b \in V\}.$$



В проводимых экспериментах всем методам отводится один и тот же объем памяти. Объем памяти по умолчанию, использованный в экспериментах, составляет 42 четырехбайтовых числа для соответствия повторяемости экспериментов, проведенных в [1]. Ограничения объема памяти соответствуют практике в системах управления базами данных, чтобы выделять только незначительный вспомогательный объем памяти каждому отношению для оценки селективности [5]. Эти 42 числа соответствуют использованию 14 сегментов для гистограммы  $\text{MaxDiff}(V,A)$  и хранению  $m = 21$  коэффициентов вейвлетов для основанных на вейвлетах гистограмм, а также поддержанию случайной выборки размера 42.

В этих экспериментах множество значений и набор частот распределены по закону Ципфа с параметром  $z = 1.0$ . Частоты случайным образом назначены элементам значений, заданы размер множества значений  $n = 500$ , размер области  $N = 4096$  и размер отношения  $M = 10^5$ . В табл. 1-5 представлены результаты ошибки методов для запросов A, B, C, D и H, а на рис. 1 приведены графики качества аппроксимации обобщенного распределения данных различными методами.

Таблица 1

Ошибки различных методов для ряда запросов A

Норма ошибки	Линейные сплайны	Вейвлеты Хаара	$\text{MaxDiff}(V,A)$	Случайная выборка
$\ \mathbf{e}^{\text{rel}}\ _1$	0.6%	4.5%	8%	20%
$\ \mathbf{e}^{\text{abs}}\ _1 / M$	0.16%	0.8%	3%	8%
$\ \mathbf{e}^{\text{abs}}\ _2 / M$	0.26%	0.64%	3.2%	10%
$\ \mathbf{e}^{\text{abs}}\ _{\infty} / M$	1.5%	5.6%	11%	13%
$\ \mathbf{e}^{\text{comb}}\ _1, \alpha = 1, \beta = 100$	0.6	4.4	8	20
$\ \mathbf{e}^{\text{comb}}\ _1, \alpha = 1, \beta = 1000$	5	30	80	200
$\ \mathbf{e}^{\text{comb}}\ _2, \alpha = 1, \beta = 100$	5.1	70.4	12.8	19
$\ \mathbf{e}^{\text{comb}}\ _2, \alpha = 1, \beta = 1000$	19	224	192	243

Таблица 2

Ошибки различных методов для ряда запросов C

Норма ошибки	Линейные сплайны	Вейвлеты Хаара	$\text{MaxDiff}(V,A)$	Случайная выборка
$\ \mathbf{e}^{\text{abs}}\ _1 / M$	0.2%	1.1%	5%	3.5%
$\ \mathbf{e}^{\text{abs}}\ _2 / M$	0.035%	0.18%	0.71%	0.6%
$\ \mathbf{e}^{\text{abs}}\ _{\infty} / M$	2.4%	10%	20%	16%

Таблица 3

Ошибки различных методов для ряда запросов E при  $\Delta = 10$ 

Норма ошибки	Линейные сплайны	Вейвлеты Хаара	$\text{MaxDiff}(V,A)$	Случайная выборка
$\ \mathbf{e}^{\text{abs}}\ _1 / M$	0.1%	0.42%	0.15%	0.35%
$\ \mathbf{e}^{\text{abs}}\ _2 / M$	0.19%	0.96%	0.26%	0.64%
$\ \mathbf{e}^{\text{abs}}\ _{\infty} / M$	1.5%	6%	3%	4.6%

Таблица 4

Ошибки различных методов для ряда запросов G

Норма ошибки	Линейные сплайны	Вейвлеты Хаара	MaxDiff(V,A)	Случайная выборка
$\ e^{abs}\ _1 / M$	0.03%	0.04%	0.04%	0.04%
$\ e^{abs}\ _2 / M$	0.077%	0.32%	0.096%	0.24%
$\ e^{abs}\ _\infty / M$	1.6%	7%	2%	4.6%

Таблица 5

Ошибки различных методов для ряда запросов H

Норма ошибки	Линейные сплайны	Вейвлеты Хаара	MaxDiff(V,A)	Случайная выборка
$\ e^{abs}\ _1 / M$	0.03%	0.42%	0.2%	0.4%
$\ e^{abs}\ _2 / M$	7.7%	16.1%	25.6%	38%
$\ e^{abs}\ _\infty / M$	0.2%	7%	2%	5%

В дополнение к вышеупомянутым экспериментам мы также применяли метод MaxDiff(V,A), измененный путем хранения только двух чисел для каждого сегмента вместо трех (в частности не сохранялось число различных значений в каждом сегменте), что позволило получить в гистограмме 21 сегмент вместо 14. Точность оценки была улучшена. Преимуществу добавленных сегментов несколько противостояло менее точное моделирование в пределах каждого сегмента. Качественные результаты, однако, остаются теми же самыми: основанные на вейвлетах методы значительно более точны. Дальнейшие усовершенствования методов вейвлетов, конечно, возможны квантованием и кодированием энтропии, но они не рассматриваются в рамках этой статьи.

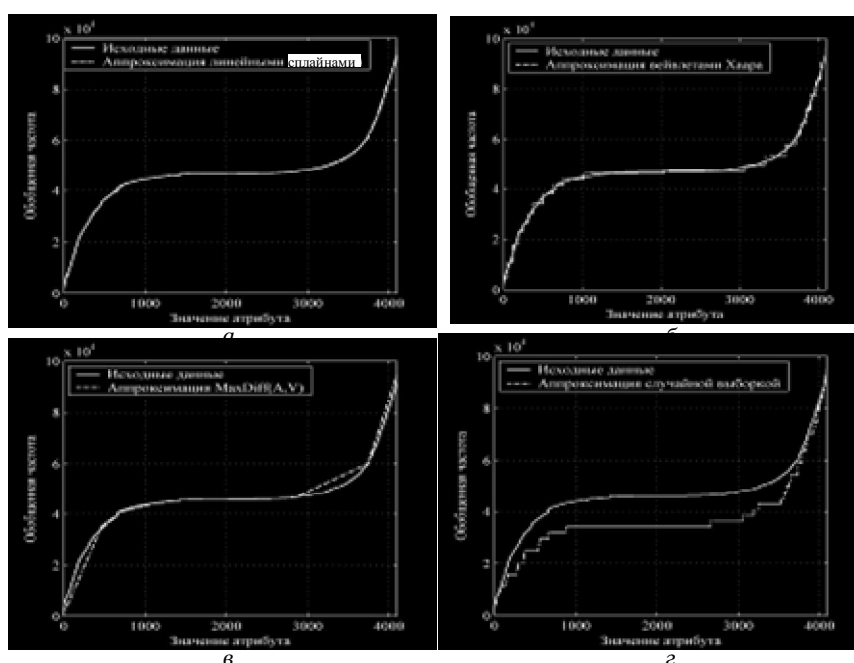


Рис. 1. Аппроксимация совокупного распределения данных различными методами: а) линейными сплайнами; б) вейвлетами Хаара; в) MaxDiff(V,A); г) осуществлением случайной выборки

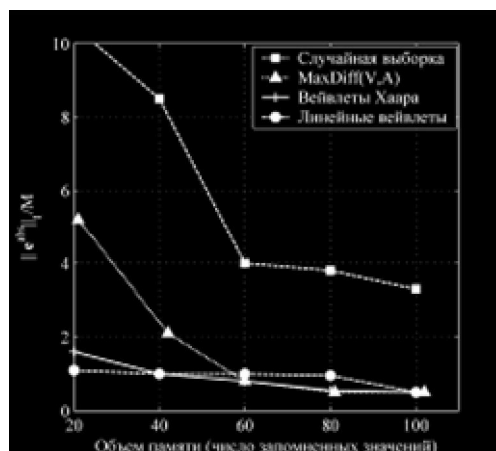


Рис. 2. Влияние объема памяти на различные гистограммы для набора запросов A

### Выводы

В данной статье был предложен метод построения эффективных гистограмм с использованием вейвлет-разложения. Полученные гистограммы дают улучшение работы при оценке селективности по сравнению со случайным осуществлением выборки и предыдущими подходами.

Эксперименты показали, что применяя новый метод пороговой обработки в построении основанных на вейвлетах гистограмм, можно достичь намного большей точности даже для маломерных данных, которые рассматриваются в статье. Относительные ошибки могут быть существенно уменьшены (в три раза в типичных случаях), а абсолютные ошибки обычно сокращаются более чем на половину.

Основанные на вейвлетах гистограммы должны служить эффективной структурой накопления данных для оценки селективности в контексте итогового механизма оперативного режима [3]. Мы развиваем эффективные алгоритмы для поддержания основанных на вейвлетах гистограмм путем вставки и удаления данных в базовом отношении.

### Литература

1. V. Poosala, Y. E. Ioannidis, P. J. Haas, and E. Shekita. Improved histograms for selectivity estimation of range predicates. In *Proceedings of the 1996 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, Montreal, Canada, May 1996.
2. Census Bureau Databases, <http://www.census.gov/>.
3. G. Piatetsky-Shapiro and C. Connell. Accurate estimation of the number of tuples satisfying a condition. In *Proceedings of the 1984 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pages 256-276, 1984.
4. TCP benchmark D (decision support), 1995.
5. P. G. Selinger, M. M. Astrahan, D. D. Chamberlin, R. A. Lorie, and T. G. Price. Access path selection in a relational database management system. In *Proceedings of the 1979 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pages 23-34, 1979.

## WAVELET-BASED HISTOGRAMS IN QUERY SELECTIVITY ESTIMATION

A.M. LOGVINOV, Yu.E. POLENOVA  
G.A. TRAVIN, M.G. TRAVIN

*Belgorod State University*

*e-mail: travin@bsu.edu.ru*

In this paper, we present a technique based upon a multiresolution wavelet decomposition for building histograms on the underlying data distributions, with applications to databases, statistics, and simulation. Histograms built on the cumulative data values give very good approximations with limited space usage. We give fast algorithms for constructing histograms and using them in an on-line fashion for selectivity estimation.

Keywords: data base, histogram, query, selectivity, wavelet.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ С ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

**С.П. БЕЛОВ  
Д.Н. УШАКОВ  
И.А. СТАРОВОЙТ**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: Belov@bsu.edu.ru*

Статья посвящена оценке возможностей применения в многоканальных системах мобильной связи с кодовым разделением адресов корреляционно-фильтрового метода приема сложных сигналов, полученных в результате внутриимпульсной модуляции по фазе по закону псевдослучайной последовательности (ПСП) линейно-частотно модулированного (ЛЧМ) радиоимпульса (ЛЧМ – ФМ сигналы).

Ключевые слова: сложные сигналы, информационно-телекоммуникационные системы, корреляционно-фильтровой метод приема, функция неопределенности, оптимальный фильтр.

### **Введение**

В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция роста числа абонентов, пользующихся услугами мобильной связи. Это обстоятельство приводит к необходимости поиска путей эффективного использования канальных ресурсов, выделенных каждому оператору для организации информационного обмена между абонентами внутри сети. Рационального использования выделенного радиочастотного ресурса можно достичь, как указано в [1-3], посредством применения многоканальных систем связи с кодовым разделением адресов, так как в этом случае предоставляется возможность многократного использования одних и тех же частот в сети. Однако реализация преимуществ указанного вида систем в значительной степени зависит от выбранного класса сигналов и метода их обработки. В [4] показано, что в многоканальных мобильных системах связи с кодовым разделением адресов целесообразно использовать ЛЧМ-ФМ сигналы, так как при отношениях базы ЛЧМ радиоимпульса к базе ПСП больше единицы они обладают свойством инвариантности к доплеровскому рассогласованию по частоте и большим объемом слабокоррелированных форм.

Анализ существующих методов обработки сложных сигналов позволил установить, что существующие варианты оптимального приема основываются на применении корреляционных схем или согласованных фильтров. Однако при больших базах сигналов возрастают трудности их обработки традиционными способами. Основываясь на вышесказанном при разработке устройств приема сложных сигналов с большими энергетическими и структурными базами целесообразно использовать комбинированный метод их обработки [5]. Этот метод применим в случае, если обрабатываемые классы сигналов получены в результате произведения двух функций:

$$X(t) = x_1(t) * x_2(t).$$

Как известно [4], ЛЧМ-ФМ сигналы, описываемые выражением вида:

$$S(t) = \begin{cases} S_0 \cdot \sum_{l=1}^N v_l \cdot \text{rect} \left\{ \frac{t - (l-1) \cdot \tau_{\Sigma} - \frac{T}{2} - \frac{\tau_{\Sigma}}{2}}{\tau_{\Sigma}} \right\} \cdot \exp \left( j \mu \frac{t^2}{2} \right); & \text{при } |t| \leq \frac{T}{2}, \\ 0; & \text{при других } t \end{cases} \quad (1)$$

где  $S_0$  – амплитуда огибающей сигнала, в дальнейшем постоянная величина, равная 1,

? – крутизна модуляционной характеристики ЛЧМ радиоимпульса (скорость изменения частоты), связанная с девиацией частоты  $\Delta F$  и длительностью сигнала  $T$  соотношением:

$$\mu = \frac{2 \cdot \pi \cdot \Delta F}{T},$$

$\text{rect}(x)$  – прямоугольная «срезающая» функция, задаваемая выражением:

$$\text{rect}(x) = \begin{cases} 1, & \text{при } |x| \leq \frac{1}{2}; \\ 0, & \text{при } |x| > \frac{1}{2}. \end{cases}$$

$\tau_1$  – длительность элемента кодирующей последовательности;

$N$  – количество элементов в кодирующей последовательности;

$v_l$  – коэффициент, характеризующий состояние кодирующей последовательности, принимает значения +1 или -1 представляют собой результат умножения ЛЧМ радиоимпульса на ПСП и, следовательно, их можно обрабатывать комбинированным способом.

В связи с этим представляется интересным проанализировать изменения выходного эффекта оптимального приемника, используя комбинированный метод обработки при воздействии на его вход указанного выше сигнала, имеющего рассогласование с опорным по частоте и задержке.

### Математические основы

Согласно методике, предложенной в [5], вычисление функции неопределенности (ФН) при рассматриваемом способе обработки производится в два этапа. В начале принимаемый сигнал непосредственно умножается на опорную ПСП, а затем полученное колебание

$$S_1(t) = \sum_{l=1}^N \sum_{m=1}^N v_l v_m \text{rect} \left\{ \frac{t - (l-1)\tau_s + \frac{T}{2} - \frac{\tau_s}{2}}{\tau_s} \right\} \text{rect} \left\{ \frac{t - (m-1)\tau_s + \frac{T}{2} - \frac{\tau_s}{2} - \tau_1}{\tau_s} \right\} \exp \left( j\mu \frac{t^2}{2} \right), \quad (2)$$

здесь:  $\tau_1$  – задержка в перемножителе между принимаемым сигналом и опорной ПСП; подается на линейный оптимальный фильтр, согласованный с ЛЧМ радиоимпульсом. В результате на выходе этого фильтра вырабатывается напряжение, математически описываемого выражением вида:

$$X(\tau, F_0) = \frac{1}{2E} \int_{\frac{T}{2} - \tau}^{\frac{T}{2}} \sum_{l=1}^N \sum_{m=1}^N v_l v_m \text{rect} \left\{ \frac{t - (l-1)\tau_s + \frac{T}{2} - \frac{\tau_s}{2}}{\tau_s} \right\} \text{rect} \left\{ \frac{t - (m-1)\tau_s + \frac{T}{2} - \frac{\tau_s}{2} - \tau_1}{\tau_s} \right\} \exp \left( j\mu \frac{t^2}{2} \right) * \exp \left( j\mu \frac{(t - \tau_2)^2}{2} \right) \exp(j2\pi F_0 t) dt, \quad (3)$$

здесь:  $\tau_2$  – задержка в оптимальном линейном фильтре.

Полагая далее, что:

$$\tau_1 = p\tau_s + \theta, \quad p = \pm(0, 1, 2, \dots, N-1, N), \quad 0 \leq \theta \leq \tau_s;$$

$$\tau_2 = q\tau_s + \eta, \quad q = \pm(0, 1, 2, \dots, N-1, N), \quad 0 \leq \eta \leq \tau_s;$$

и используя методику, аналогичную приведенной в [1], для случая  $q \geq 0; p > q; \eta \geq 0; \theta > \eta$ .

После ряда преобразований получим:

$$\begin{aligned}
 X(F_\delta) = & \frac{2}{T} \exp \left( j \left( (2\pi F_\delta + \mu(q\tau_s + \eta)) \left( -\frac{T}{2} + p\tau_s + \frac{\theta}{2} \right) - \frac{\mu(q\tau_s + \eta)^2}{2} \right) \right) \frac{1}{2\pi F_\delta + \mu(q\tau_s + \eta)} * \\
 & * \left\{ \sum_{l=1}^{N-p} v_l v_{l+p} \exp \left( j(2\pi F_\delta + \mu(q\tau_s + \eta)) \frac{2l-1}{2} \tau_s \right) \sin \left( (2\pi F_\delta + \mu(q\tau_s + \eta)) \frac{\tau_s - \theta}{2} \right) + \right. \\
 & \left. + \sum_{l=1}^{N-p} v_l v_{l+p} \exp(j(2\pi F_\delta + \mu(q\tau_s + \eta)) l \tau_s) \sin \left( (2\pi F_\delta + \mu(q\tau_s + \eta)) \frac{\theta}{2} \right) \right\}. \quad (4)
 \end{aligned}$$

Аналогичное выражение получается и при  $q < 0; p < q; \eta < 0; \theta < \eta$ .

Окончательно огибающая выходного эффекта оптимального приемника в математической форме может быть записана следующим образом:

$$\begin{aligned}
 |X(\tau, F_\delta)| = & \frac{1}{N} \left\{ \left[ \frac{\sin \left( \frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} (\tau_s - |\theta|) \right)}{\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} (\tau_s - |\theta|)} \left( 1 - \frac{|\theta|}{\tau_s} \right) * \sum_{l=1}^{N-p} v_l v_{l+p} \cos \left( \frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} (2l-1)\tau_s \right) + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \frac{\sin \left( \frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} |\theta| \right)}{\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} |\theta|} * \sum_{l=1}^{N-p} v_l v_{l+p+1} \cos((2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)) l \tau_s) \right]^2 + \right. \\
 & \left. + \left[ \frac{\sin \left( \frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} (\tau_s - |\theta|) \right)}{\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} (\tau_s - |\theta|)} \left( 1 - \frac{|\theta|}{\tau_s} \right) * \sum_{l=1}^{N-p} v_l v_{l+p} \sin \left( \frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} (2l-1)\tau_s \right) + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \frac{\sin \left( \frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} |\theta| \right)}{\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} |\theta|} * \sum_{l=1}^{N-p} v_l v_{l+p+1} \sin((2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)) l \tau_s) \right]^2 \right\}^{1/2}. \quad (5)
 \end{aligned}$$

Из (5) видно, что при обработке ЛЧМ-ФМ сигналов комбинированным способом необходимо учитывать влияние на огибающую выходного эффекта приемного устройства как задержку в перемножителе, так оптимальном линейном фильтре. Рассмотрим несколько практически важных случаев. Так при временном сдвиге между выходным сигналом и опорной ПСП в пределах  $\tau_s$  огибающая напряжения на выходе устройства обработки будет изменяться в соответствии с выражением:

$$|X(\tau, F_\delta)| = \frac{\sin \left( \frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} (\tau_s - |\theta|) \right)}{\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} (\tau_s - |\theta|)} \left( 1 - \frac{|\theta|}{\tau_s} \right) \frac{\sin \left( \frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} N\tau_s \right)}{N \sin \left( \frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} \tau_s \right)}. \quad (6)$$

Легко показать, что при  $\theta \ll \tau_s$  изменение огибающей напряжения может быть представлена следующим образом:

$$|X(\tau, F_\delta)| = \left( 1 - \frac{|\theta|}{\tau_s} \right) \frac{\sin \left( \frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} T \right)}{\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2} T}. \quad (7)$$

Отметим, что при отсутствии частотных и временных рассогласований закон изменения выходного эффекта полностью определяется структурой и длиной ПСП и в этом случае описывается выражением вида:

$$|X(\tau, F_\delta)| = \left(1 - \frac{|\theta|}{\tau_\gamma}\right) \sum_{l=1}^{N-|p|} v_l v_{l+|p|} + \frac{|\theta|}{\tau_\gamma} \sum_{l=1}^{N-|p|-1} v_l v_{l+|p|+1} \quad (8)$$

### **Результаты вычислительных экспериментов**

На основании расчетов по формуле (5) были построены графические зависимости огибающих выходных эффектов корреляционно-фильтрующего приемника при произвольных временных сдвигах ( $\tau_1, \tau_2$ ) и рассогласовании по частоте, которые представлены ниже.

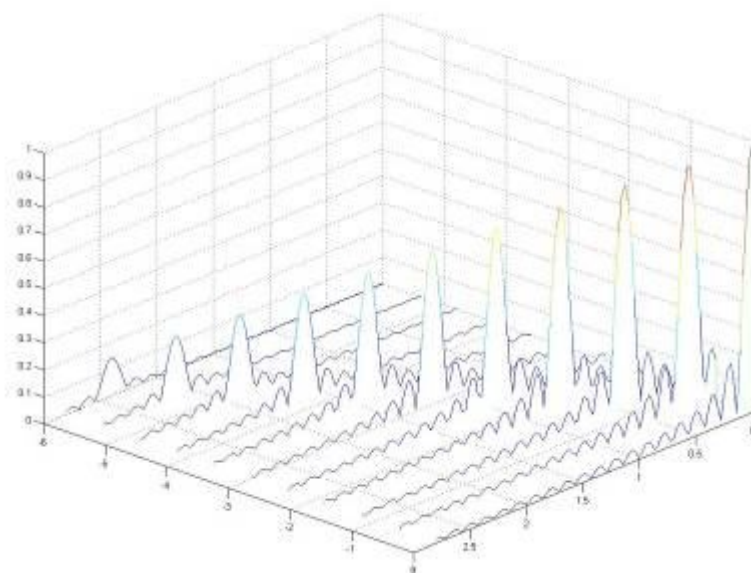


Рис. 1. Функция неопределенности ЛЧМ ФМ радиосигнала при  $N = 31$ ;  $\Delta F = 700$  кГц;  $T = 28$  мкс,  $\tau_1 = 0$

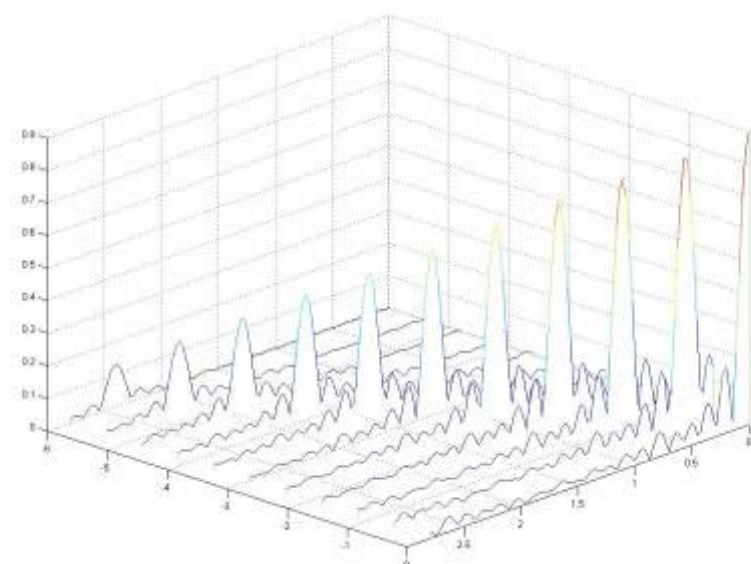


Рис. 2. Функция неопределенности ЛЧМ ФМ радиосигнала при

$$N = 31; \Delta F = 700 \text{ кГц}; T = 28 \text{ мкс}, \tau_1 = \frac{\tau_\gamma}{10}$$

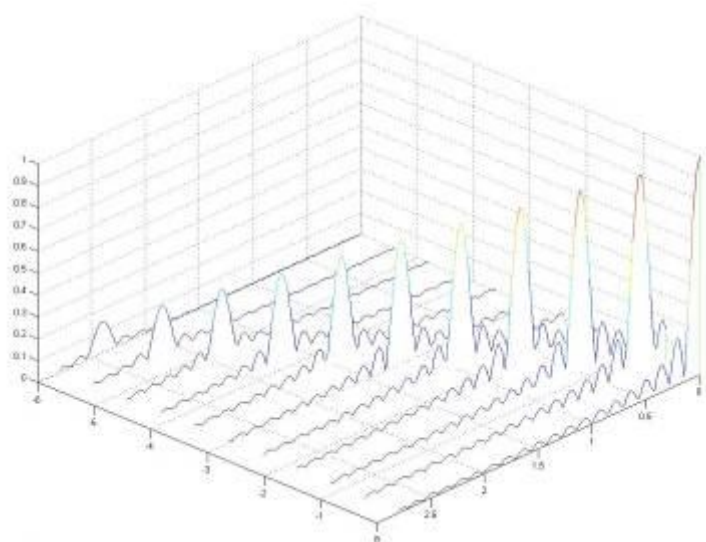


Рис. 3. Функция неопределенности ЛЧМ ФМ радиосигнала при  
 $N = 511$ ;  $\Delta F = 700$  кГц;  $T = 28$  мкс,  $\tau_1 = 0$

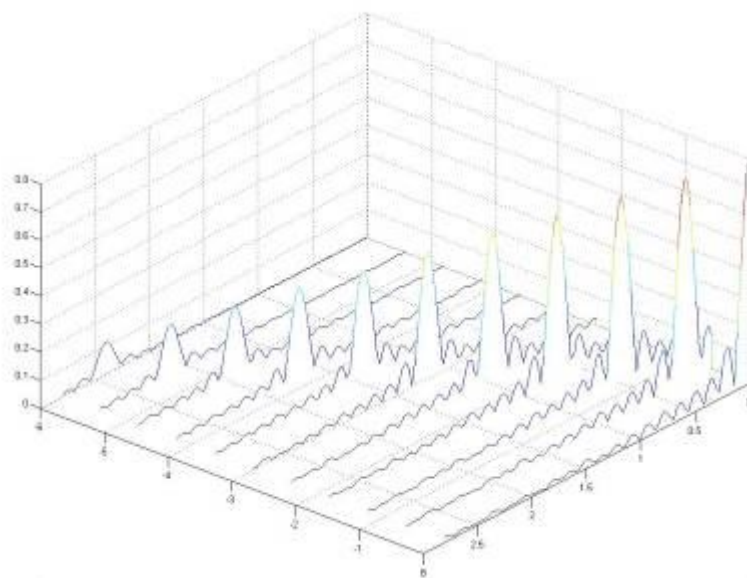


Рис. 4. Функция неопределенности ЛЧМ ФМ радиосигнала при  
 $N = 511$ ;  $\Delta F = 700$  кГц;  $T = 28$  мкс,  $\tau_1 = \frac{\tau_2}{5}$

Откуда видно, что при отсутствии временного сдвига между входным сигналом и опорной ПСП  $\tau_1 = 0$  центрального пика огибающей выходного эффекта в ожидаемом диапазоне доплеровского рассогласования частоты весьма незначительно, при различных  $\Delta F * T$ , а изменение формы боковых лепестков определяется функцией  $\sin(x)/x$  и не зависит от длины и структуры псевдослучайной последовательности.

При изменении  $0 \leq \tau_1 \leq \tau_2$ , форма огибающей выходного эффекта также определяется функцией вида  $\sin(x)/x$  и не зависит как от структуры и длины ПСП, так и от величины базы ЛЧМ радиоимпульса. Однако в этом случае амплитуда главного мак-



сумма отлична от единицы и её значения определяются величиной  $\tau_1$ . Так при  $\tau_1 = 0,1 * \tau_s$ , её максимальное значение (max) равно 0,9; а при  $\tau_1 = 0,2 * \tau_s$ , max=0,8. Аналогичная закономерность амплитуды главного максимума наблюдается и при  $F_\delta \neq 0$ . Так при  $F_\delta = -30 \text{ кГц}$ ;  $\tau_1 = 0$ ; max=0,98, а при  $F_\delta = -30 \text{ кГц}$ ;  $\tau_1 = 0,2 * \tau_s$ ; max=0,78.

Такое изменение огибающей выходного эффекта связано с тем, что при отсутствии точной синхронизации происходит «неполное» снятие фазовой манипуляции у приходящего ЛЧМ-ФМ сигнала и, следовательно, на вход фильтра рассматриваемого приемника поступает искаженный (несогласованный с фильтром) ЛЧМ радиоимпульс. Величина этих искажений и, как следствие, величина амплитуды главного максимума, определяется точностью совпадения принимаемого сигнала с опорной ПСП.

При  $\tau_1 \gg 0,1 * \tau_s$ , вид огибающей выходного эффекта непосредственно зависит от типа ПСП и имеет шумоподобную структуру. В этом случае изменение напряжения на выходе корреляционно-фильтрового приемника соответствует изменению боковых лепестков ФН.

Перейдем к анализу огибающих выходного эффекта (функции взаимной неопределенности (ФВН)) рассматриваемого приемного устройства при воздействии на его вход ЛЧМ-ФМ не согласованного с опорной ПСП по структуре. В математической форме огибающую ФВН в этом случае можно представить следующим образом:

$$\begin{aligned}
 |X_{i,j}(\tau, F_\delta)| = \frac{1}{N} & \left\{ \left[ \frac{\sin\left(\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2}(\tau_s - |\theta|)\right)}{\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2}(\tau_s - |\theta|)} \left(1 - \frac{|\theta|}{\tau_s}\right) * \sum_{l=1}^{N-|p|} v_l^i v_{l+p}^j \cos\left(\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2}(2l-1)\tau_s\right) + \right. \right. \\
 & + \frac{\sin\left(\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2}|\theta|\right)}{\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2}|\theta|} \frac{|\theta|}{\tau_s} * \sum_{l=1}^{N-|p|-1} v_l^i v_{l+p+1}^j \cos((2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|))\tau_s) \left. \right]^2 + \\
 & + \left[ \frac{\sin\left(\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2}(\tau_s - |\theta|)\right)}{\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2}(\tau_s - |\theta|)} \left(1 - \frac{|\theta|}{\tau_s}\right) * \sum_{l=1}^{N-|p|} v_l^i v_{l+p}^j \sin\left(\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2}(2l-1)\tau_s\right) + \right. \\
 & + \frac{\sin\left(\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2}|\theta|\right)}{\frac{2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|)}{2}|\theta|} \frac{|\theta|}{\tau_s} * \sum_{l=1}^{N-|p|-1} v_l^i v_{l+p+1}^j \sin((2\pi F_\delta + \mu(|q|\tau_s + |\eta|))\tau_s) \left. \right]^2 \left. \right\}^{1/2}.
 \end{aligned} \tag{9}$$

Анализ расчетов проведенных по формуле (9) позволил установить, что максимальный уровень огибающей выходного эффекта рассмотренного приемника при произвольных временных ( $\tau_1, \tau_2$ ) и частотных рассогласованиях входного сигнала находятся в пределах  $(1,5 - 4,3) * \sqrt{N}$ , то есть не зависит от базы ЛЧМ радиоимпульса и в основном определяется длиной и типом ПСП.

### Заключение

Таким образом на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что применение комбинированного способа обработки ЛЧМ-ФМ сигнала в радиосис-



темах с доплеровским рассогласованием по частоте при временных сдвигах между входным сигналом и опорной КП в пределах  $0 \leq \tau_1 \leq \tau_2 / 3$  позволяет обеспечить каче-

ственный прием информации при любых отношениях  $\frac{\Delta F * T}{N}$ . Кроме того max ФВН незначителен. Следовательно, корреляционно-фильтровой метод обработки ЛЧМ-ФМ сигнала может быть применен в системах с многоосновным кодированием или с кодовым разделением адресов.

### Литература

1. Тузов Г.И. Статистическая теория приема сложных сигналов. – М.: «Сов. радио», 1977. – 400 с.
2. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.
3. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с.: ил.
4. Жилияков, Е.Г. Возможность применения одного класса сложных сигналов с ЛЧМ для передачи речевых данных в цифровых мобильных системах связи [Текст] / Е.Г. Жилияков, С.П. Белов, А.С. Белов // Вопросы радиоэлектроники. Серия «Электронная вычислительная техника (ЭВТ)». – Москва, 2008. – вып.1. – С.161-1717
5. Ширман, Я.Д. Основы теории обнаружения радиосигналов и измерения их параметров [Текст] / Я.Д. Ширман, В. Н. Голиков. – М.: Советское радио, 1963. – 278 с.: ил.

## RESEARCH OF FEATURES OF THE COMBINED TREATMENT OF COMPLEX SIGNALS WITH LINEAR FREQUENCY MODULATION

S.P. BELOV  
D.N. USHAKOV  
I.A. STAROVOIT

*Belgorod State University*  
*e-mail: Belov@bsu.edu.ru*

The article is devoted the estimation of possibilities of application in the multichannel systems of mobile communication with the code division of addresses of cross-correlation-filter method of reception of difficult signals, got as a result of innerimulse modulation on a phase by law of pseudocasual sequence (PSP) of arcwise-frequency modulated (LCHM) radioimulse (LCHM – PSK signals).

Keywords: difficult signals, informatively-telecommunication systems, by a cross-correlation-filter method of reception, function of vagueness, optimum filter.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Белов С.П.** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, докторант Белгородского государственного университета
- Белокуров С.В.** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационно-технических систем органов внутренних дел Воронежского института МВД России, докторант
- Болтенков В.И.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры мировой экономики, декан экономического факультета Белгородского государственного университета
- Вакарёв А.А.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента Волжского института экономики, педагогики и права
- Васильев П.В.** – кандидат технических наук, доцент кафедры факультета компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного университета
- Васильева Д.П.** – аспирант Московского государственного университета экономики, статистики и информатики
- Великая Я.Г.** – ассистент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного университета
- Владыка М.В.** – кандидат педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой финансы и кредит Белгородского государственного университета, докторант БГТУ им. В.Г. Шухова
- Грачева Н.В.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономика Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского
- Голощанова В.А.** – аспирант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного университета
- Дзасохова Э.К.** – аспирант кафедры экономики и предпринимательства Северо-Осетинского государственного университета им. К.Л. Хетагурова
- Доев В.К.** – кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры менеджмента Северо-Осетинского государственного университета им. К.Л. Хетагурова
- Жиляков Е.Г.** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного университета
- Зимакова Л.А.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита Белгородского государственного университета
- Игнатъев А.П.** – соискатель Белгородского государственного университета
- Иващук О.А.** – кандидат физико-математических наук, декан факультета гуманитарных и естественнонаучных дисциплин, заведующий кафедрой «Физика» ГОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»



- Константинов И.С.** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные системы» ГОУ ВПО «Орловский государственный технический университет»
- Корсунов Н.И.** – доктор технических наук, профессор Белгородского государственного университета.
- Костыря А.В.** – старший преподаватель кафедры экономики и управления на предприятии (городского хозяйства) Белгородского государственного университета.
- Курлов А.В.** – аспирант, ассистент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного университета
- Логвинов А.М.** – соискатель кафедры общей физики Белгородского государственного университета
- Лысенко И.В.** – магистрант факультета компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного университета
- Маликов С.Н.** – кандидат технических наук, доцент МАРТИТ по кафедре «Прикладная информатика»
- Маренов К.А.** – магистрант факультета компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного университета
- Муромцев В.В.** – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
- Поленова Ю.Е.** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры общей физики Белгородского государственного университета
- Потёмкин В.Г.** – аспирант Белгородского государственного технологического университета
- Прохоренко Е.И.** – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного университета
- Салихов Е.А.** – соискатель кафедры экономики предприятия и инновационной деятельности Волгоградского государственного университета
- Созонова Т.Н.** – кандидат технических наук, ассистент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного университета
- Старовойт И.А.** – студент факультета компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного университета
- Сумин В.И.** – доктор технических наук, профессор, начальник кафедры информационно-технических систем органов внутренних дел Воронежского института МВД России
- Татаринович Б.А.** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры геодезии Харьковского национального аграрного университета им. В.В. Докучаева



- Травин Г.А.** – доктор технических наук, профессор, кафедры общей физики Белгородского государственного университета
- Травин М.Г.** – студент математического факультета Белгородского государственного университета
- Тубольцев М.Ф.** – кандидат технических наук, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного университета
- Тютин Н.Н.** – соискатель ГОУ «МАРТИТ», заместитель генерального директора – директор отделения телекоммуникаций ОАО «НИИ супер ЭВМ»
- Урсол Д.В.** – аспирант факультета компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного университета
- Ушаков Д.Н.** – студент факультета компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного университета
- Чванин О.Н.** – аспирант ГОУ «МАРТИТ», инженер ОАО «НИИ супер ЭВМ»
- Чижов И.И.** – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
- Черноморец А.А.** – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного университета
- Хачатрян В.Е.** – профессор кафедры математического и программного обеспечения информационных систем, доктор физико-математических наук Белгородского государственного университета
- Эргешбаев У.Ж.** – кандидат экономических наук, докторант института социально-политических исследований РАН, доцент кафедры финансы и кредит Омского государственного университета
- Юсова Е.С.** – аспирант Северо-Кавказской академии государственной службы



## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

### Уважаемые коллеги!

Материалы необходимо высылать на бумажном носителе и в электронном виде (сайт журнала <http://unid.bsu.edu.ru/unid/res/pub/index.php>):

- в двух экземплярах на бумажном носителе по адресу: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, Белгородский государственный университет;
- NTitova@bsu.edu.ru – Титова Нина Сергеевна, технический секретарь серии журнала, тел. (4722) 30-13-00 добавочный 2016;

Статьи, отклоненные редколлегией, к повторному рассмотрению не принимаются. Материалы, присланные без соблюдения правил, не рассматриваются.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ СЕРИИ «ИСТОРИЯ. ПОЛИТОЛОГИЯ. ЭКОНОМИКА. ИНФОРМАТИКА» ЖУРНАЛА «НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БЕЛГУ»

### В материалы включается следующая информация:

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1) УДК научной статьи;  | } | <i>на русском<br/>и английском<br/>языках</i> |
| 2) аннотация статьи (не более 1200 знаков);   |   |   |
| 3) ключевые слова;  |   |   |
| 4) сведения об авторах (Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, должность с указанием места работы (без сокращений), почтовый адрес, адрес электронной почты (если имеется), контактные телефоны); |   |   |
| 5) внешняя рецензия доктора наук (для аспирантов и кандидатов наук);  | } | <i>на русском<br/>языке</i>                   |
| 6) текст статьи;  |   |   |
| 7) литература.  |   |   |

### Технические требования к оформлению текста

Пример оформления структуры материалов приведен в приложении 1.

1. Текст набирается в Microsoft Word 2003, без переносов. Лист – А4, книжный.
2. Поля: правое – 1,5 см, левое – 3,0 см, нижнее – 2,0 см, верхнее – 2,0 см.
3. Шрифт: гарнитура: текст – **Georgia**; УДК, название, ФИО автора – **Impact**, размер: в тексте – **11 пт**; в таблице – **9 пт**; в названии – **14 пт**.
4. Абзац: отступ 1,25 см, выравнивание – по ширине, межстрочный интервал – одинарный.
5. Текст статьи должен иметь следующие основные элементы:
  - **постановка проблемы** в общем виде с обязательным указанием связи с важными научными или практическими задачами, актуальность исследования;
  - **анализ литературы** (последних исследований и публикаций, на которые опирается автор, с обязательным выделением ранее нерешенных частей общей проблемы, которые будут рассмотрены в данной статье);
  - **цель статьи**;



- **раздел (разделы)** основного материала исследований с полным обоснованием полученных научных результатов;

- **выводы** по данным исследования с констатацией полученных научных и практических результатов и перспектив исследований в данном направлении.

Текст статьи обязательно разбивается на соответствующие разделы с заголовками (шрифт: полужирный, курсив, строчные буквы; выравнивание по центру, от основного текста одинарным интервалом сверху).

6. Литература оформляется **отдельным списком**: в тексте номер ссылки размещается перед знаком препинания, нумерация – сквозная, правила оформления списка литературы – ГОСТ 7.1-2004 г.

7. Объем статей: до **8 страниц (Georgia, 11 пт)**.

8. Формулы набираются в «Редакторе формул» Word, допускается оформление формул только в одну строку, не принимаются формулы, выполненные в виде рисунков, формулы отделяются от текста пробелом.

9. Требования к оформлению таблиц и рисунков приведены в прил. 1, 2, 3.



## Приложение 1. Оформление статьи

УДК 621.39

**ЦИФРОВОЕ КОДИРОВАНИЕ КЛИППИРОВАННОЙ РЕЧИ****А.В. ИВАНОВ<sup>1)</sup>****Л.Н. ПЕТРОВ<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Белгородский государственный  
университет  
e-mail: petrov@bsu.edu.ru

<sup>2)</sup> Белгородский государственный  
университет  
e-mail: petrov@bsu.edu.ru

В статье рассматривается новая технология сжатия речевого сигнала для цифровых систем передачи информации, основанная на клиппировании речи с сохранением разборчивости и узнаваемости.

Ключевые слова: сжатие речи, разборчивость речи, узнаваемость голоса, удаление пауз речи, частотное представление речи, клиппирование.

**Введение**

Построение эффективных цифровых систем передачи речевых сигналов определяется возможностью снижения затрат практическую реализацию алгоритмов обработки речевых данных.

**Проблема эффективного сжатия речевых данных**

Анализ публикаций по проблеме эффективного сжатия речевых данных, например [1], позволяет определить следующие направления исследований.

**Литература**

1. Бухвинер, В.Е. Управляемое комбинирование звуковых сигналов [Текст] / В.Е. Бухвинер. – М.:Связь, 1978. – 208 с.

**DIGITAL CODING OF CLIPPED SPEECH****A.V. IVANOV<sup>1)</sup>****L.N. PETROV<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Belgorod State University  
e-mail: inanov@bsu.edu.ru

<sup>2)</sup> Belgorod State University  
e-mail: petrov@bsu.edu.ru

In the article new technology of compression of vocal signal is examined for the digital systems of information transfer, based on clipping speech with the maintainance of legibility and knowableness.

Key words: compression of speech, legibility of speech, knowableness of voice, frequency presentation of speech, clipping

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

- Иванов А.В.** – кандидат технических наук, доцент кафедры телекоммуникаций Белгородского государственного университета 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, Белгородский государственный университет;  
e-mail: inanov@bsu.edu.ru, тел. (4722) 33-22-44
- Петров Л.Н.** – аспирант кафедры телекоммуникаций Белгородского государственного университета  
e-mail: petrov@bsu.edu.ru, тел. (4722) 33-22-44





## Приложение 2. Оформление таблиц

1. Каждая таблица должна быть пронумерована справа, иметь заголовок, расположенный по центру.

Таблица 1

### Объем переданной информации за 1999-2004 гг.

Стандарт	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	В среднем за	
							1999-2001 гг.	2002-2004 гг.
Н.261	1,3222	1,5091	1,3470	1,4661	1,5940	1,6954	1,3928	1,5852
Н.263	1,5028	1,9389	1,7210	1,6149	1,6888	1,6930	1,7209	1,6656

2. Таблицы не должны выходить за границы полей страницы слева и справа.

Таблица 1

### Объем переданной информации за 1999-2004 гг.

Стандарт	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	В среднем за	
							1999-2001 гг.	2002-2004 гг.
Н.261	1,3222	1,5091	1,3470	1,4661	1,5940	1,6954	1,3928	1,5852
Н.263	1,5028	1,9389	1,7210	1,6149	1,6888	1,6930	1,7209	1,6656

3. Если таблица располагается на двух страницах, ее столбцы должны быть пронумерованы на каждой новой странице, так же, как на первой.

Таблица 1

### Объем переданной информации за 1999-2004 гг.

Стандарт	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	В среднем за	
							1999-2001 гг.	2002-2004 гг.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Н.261	1,3222	1,5091	1,3470	1,4661	1,5940	1,6954	1,3928	1,5852
Н.263	1,5028	1,9389	1,7210	1,6149	1,6888	1,6930	1,7209	1,6656

Таблица, расположенная на первой странице.

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
MPEG-1	1,2620	0,4169	2,2612	1,0176	1,2012	0,6413	1,3134	0,9534
MPEG-2	0,9726	0,4817	0,5612	1,8653	0,9064	1,6898	0,6718	1,4872

Таблица, расположенная на следующей странице.

### Приложение 3. Оформление графических объектов

1. Изображение каждого графического объекта должно иметь номер и заголовок, расположенные по центру рисунка.

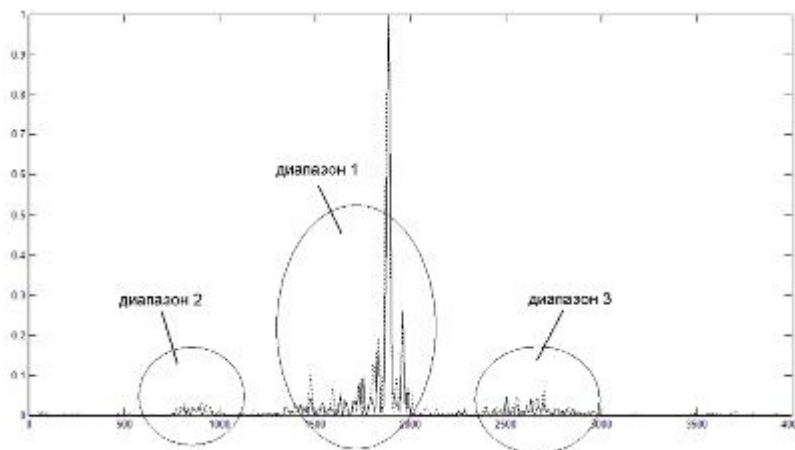


Рис. 1. Распределение энергии по частотным интервалам исходного и восстановленного сигнала. Спектр исходного сигнала показан пунктирной линией, клипированного сигнала – сплошной линией

2. Изображение графического объекта должно быть в виде рисунка или сгруппированных объектов.



Рис. 2. Функциональная схема мобильного информационного комплекса

3. Изображение графического объекта не должно выходить за пределы полей страницы.

4. Изображение графического объекта не должно превышать одной страницы.

За публикацию рукописи в журнале «Научные ведомости Белгородского государственного университета» плата с авторов не взимается.