НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

ЭКОНОМИКА. ИНФОРМАТИКА
2020. Том 47, № 1

Ранее журнал издавался под названием «Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика».

Основан в 1995 г.
Журнал включен в Перечень ВАК рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук (05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям); 05.13.17 Теоретические основы информатики; 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. 08.00.05 Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности); 08.00.10 Финансы, денежное обращение и кредит). Журнал зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет».
Издатель: НИУ «БелГУ» Издательский дом «БелГУ».
Адрес редакции, издателя: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

Главный редактор
Е.Г. Жиляков, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий института инженерных и цифровых технологий (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Заместитель главного редактора
О.В. Ваганова, доктор экономических наук, заведующий кафедрой инновационной экономики и финансов института экономики и управления (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Ответственные секретари
Н.Е. Соловьева, кандидат экономических наук, доцент кафедры инновационной экономики и финансов института экономики и управления (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Е.В. Болгова, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных технологий института инженерных и цифровых технологий (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Члены редколлегии:
А.В. Богомолов, доктор технических наук, профессор (Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины Министерства обороны Российской Федерации, Москва, Россия)

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

В.С. Голиков, доктор технических наук, профессор (Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), Мексика)

С.Л. Катарджян, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой предпринимательства и управления (Ереванский государственный университет, Ереван, Армения)

А.С. Молчан, доктор экономических наук, профессор, директор института экономики, управления и бизнеса, заведующий кафедрой экономической безопасности ФГБОУ ВО Кубанского государственного технологического университета (Россия, Краснодар)

Т.В. Никитина, доктор экономических наук, профессор кафедры банков, финансовых рынков и страхования (Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия)

В.Г. Рубанов, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технической кибернетики, заслуженный деятель науки РФ (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия)

А.А. Сирота, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий обработки и защиты информации (Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия)

М.С. Старикова, доктор экономических наук, профессор кафедры маркетинга (Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия)

В.Б. Сулимов, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник (Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский вычислительный центр, Москва, Россия)

А.Б. Титов, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и управления в сфере услуг (Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия)

А.А. Черноморец, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры прикладной информатики и информационных технологий института инженерных и цифровых технологий. (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС 77-77834 от 31.01.2020. Выходит 4 раза в год.

Выпускающий редактор Л.П. Котенко. Корректура, компьютерная верстка и оригинал-макет Ю.В. Ивахненко. Гарнитура Times New Roman, Arial Narrow, Impact. Дата выхода 30.03.2020. Оригинал-макет подготовлен отделом объединенной редакции научных журналов НИУ «БелГУ». Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

5 **Ваганова О.В., Соловьева Н.Е., Пересыпкин А.П.**
Региональные аспекты функционирования и динамика развития молочного подкомплекса АПК

13 **Зубарева Н.Н.**
Финансово-экономический механизм развития первичной медико-санитарной помощи (региональный опыт)

23 **Мясоедов А.И., Иванова С.П.**
Неформальная экономика: статистический анализ в европейских странах

31 **Сошина О.Н.**
Основные проблемы обеспечения уровня экономической безопасности региона в цифровой экономике

ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ

40 **Малыхина И.О.**
Формирование методики прогнозирования работы коллаборационного технологического контура как инновационно-инвестиционного драйвера в рамках экономической системы мезоуровня

47 **Бондаренко В.А., Максаев А.А., Шумакова И.А.**
Инновационный подход к управлению деятельностью вуза на основе применения HR-брендинга

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

55 **Гаджиев Н.Г., Киселева О.В., Коноваленко С.А., Скрипкина О.В., Ахмедова Х.Г.**
Методические подходы и способы выявления бестоварных операций экспертом-бухгалтером

67 **Ванюшкин А.С., Дадашев Б.А.**
Экономическая эффективность конфигурации системы альтернативной энергетики в Крыму

82 **Московкин В.М., Лю Явэй., Украинский П.А.**
Инструменты территориального бенчмаркинга университетских систем

ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ

91 **Быканова Н.И., Соловей Ю.А., Гордя Д.В., Коньшина Л.А.**
Формирование экосистем банков в условиях цифровизации банковского пространства

101 **Бирюков М.В., Климова Н.А., Гостищева Т.В.**
Оценка затрат на проведение мероприятий по обеспечению информационной безопасности организаций потребкооперации

110 **Коробейникова О.М., Коробейников Д.А., Стефанович Л.И.**
Перспективы цифровых банковских блокчейн-гарантий

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

117 **Бузина Т.С., Полковская М.Н.**
Моделирование производства аграрной продукции с учетом сезонности цен

126 **Румбешт В.В., Бурданова Е.В.**
Комбинаторика упорядоченных мультипликативных разложений

135 **Пигнастый О.М., Ходусов В.Д.**
Оптимальное управление потоком материала на входе магистрального конвейера

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

154 **Офицеров А.И., Басов О.О., Бачурин С.С.**
Концептуальные основы обеспечения комплексной безопасности критически важных объектов

164 **Королев М.В., Королева Л.Ю., Мотиенко А.И.**
Концептуальная модель инфокоммуникационных систем сбора и анализа данных о состоянии здоровья населения

176 **Артамонов И.В.**
Основанное на CPN-Tools ПО для анализа производительности бизнес-процессов

186 **Белецкая Н.М., Головкова А.С.**
Информационная система для лабораторных исследований пищевой продукции

196 **Сурушкин М.А., Нестеров В.Г., Игрунова С.В., Нестерова Е.В.**
Метод интегральной оценки функционального состояния кардиореспираторной системы человека с использованием экспертного балльного и рангового оценивания

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

205 **Урсол Д.В.**
Влияние искажений усилителя мощности на сигналы с ортогональной субполосной базой

213 **Фролов В.В., Слипченко С.Е., Приходько О.Ю.**
Метод расчета числа кластеров для алгоритма k-means

226 **Сведения об авторах**

SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

ECONOMICS. INFORMATION TECHNOLOGIES
2020. Volume 47, № 1

Previously, the magazine was published under the title "Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies".

Founded in 1995

The journal is included into the List of Higher Attestation Commission of peer-reviewed scientific publications where the main scientific results of dissertations for obtaining scientific degrees of a candidate and doctor of science should be published (05.13.01 The system analysis, management and information processing (on branches), 05.13.17 Theoretical Foundations of Informatics, 05.13.18 Mathematical modeling numerical methods and program complexes, 08.00.05 Economy and management of a national economy (by branches and spheres of activity in t.ch., 08.00.10 Finance, monetary circulation and credit). The journal is introduced in Russian Science Citation Index (RSCI).

Founder: Federal state autonomous educational establishment of higher education «Belgorod National Research University».
Publisher: Belgorod National Research University «BelSU» Publishing House.
Address of editorial office, publisher: 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia.

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Chief Editor

E.G. Zhilyakov, Doctor of technical sciences, Professor, Head of the Department of Information and Telecommunication Systems and Technologies, Institute of Engineering and Digital Technologies (BSU, Belgorod, Russia)

Deputy editor-in-chief

O.V. Vaganova, head of the Department of Innovative Economy and Finance of the Institute of Economics, doctor of Economics (BSU, Belgorod, Russia)

Editorial assistants:

N.E. Solovjeva, Candidate of Economic Sciences, Associate professor of the Department of Innovative Economy and Finance (BSU, Belgorod, Russia)

E.V. Bolgova, Candidate of technical sciences, Senior Lecturer of the Department of Applied Informatics and Information Technology, Institute of Engineering and Digital Technologies (BSU, Belgorod, Russia)

Members of Editorial Board:

A.V. Bogomolov, Doctor of technical sciences, Professor (State Research Institute of Military Medicine of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia)

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

V.S. Golikov, Doctor of technical sciences, Professor (Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), Mexico)

S.L. Katardjan, Head of the department of «Entrepreneurship and management» of Erevan State University, Doctor of Economic Sciences, Professor (Yerevan, Armenia)

A.S. Molchan, Doctor of Economic Sciences, Professor, Director of the Institute of Economics, Management and Business, Head of the Department of Economic, Kuban State Technological University, Russia, Krasnodar

T.V. Nikitina, Doctor of Economic Sciences, Professor of Department of banks and financial markets and insurance of Saint-Petersburg State University of Economics (Saint-Petersburg, Russia)

V.G. Rubanov, Honoured Science Worker of Russian Federation, Doctor of technical sciences, Professor, Head of the Department of Technical Cybernetics (Belgorod State Technological University named after V.G. Shuhov, Belgorod, Russia)

A.A. Sirota, Doctor of technical sciences, Professor, Head of the Department of Information Processing and Protection of Information (Voronezh State University, Voronezh, Russia)

M.S. Starikova, Doctor of Economic Sciences, Professor of Department of marketing (Belgorod State Technological University named after V.G. Shuhov, Belgorod, Russia)

V.B. Sulimov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Lomonosov Moscow State University, Research Computer Center (Moscow, Russia)

A.B. Titov, Doctor of Economic Sciences, Professor of the department of economy and management in service of Saint-Petersburg State University of Economics (Saint-Petersburg, Russia)

A.A. Chernomorets, Doctor of technical sciences, Associate professor of the Department of Applied Informatics and Information Technology, Institute of Engineering and Digital Technologies (BSU, Belgorod, Russia)

The journal has been registered at the Federal service for supervision of communications information technology and mass media (Roskomnadzor). Mass media registration certificate ЭЛ № ФС 77-77834 dd 31.01.2020.
Publication frequency: 4 /year

Commissioning Editor L.P. Kotenko. Pag Proofreading, computer imposition, page layout by Y.V. Ivakhnenko. Typeface Times New Roman, Arial Narrow, Impact. Date of publishing 30.03.2020. The layout was pre-pared by the Department of the joint editorial Board of scientific journals of NRU "BelSU". Address: 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

CONTENTS

REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

5 **Vaganova O.V., Solovjeva N.E., Peresypkin A.P.**
Regional aspects of functioning and dynamics of development of AIC dairy sub-complex

13 **Zubareva N.N.**
Financial and economic mechanism for the development of primary health care (regional experience)

23 **Myasoedov A.I., Ivanova S.P.**
Informal economy: statistical analysis in European countries

31 **Soshina O.N.**
The main problems of ensuring the level of economic security of the region in the digital economy

INVESTMENT AND INNOVATIONS

40 **Malykhina I.O.**
Formation of the methodology for forecasting the work of the collaboration technological circuit within the framework of the economic system of the meso-level

47 **Bondarenko V.A., Maksaev A.A., Shumakova I.A.**
Innovative approach to management of university activity based on application of HR-branding

SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

55 **Gadzhiev N.G., Kiseleva O.V., Konovalenko S.A., Skripkina O.V., Akhmedova Kh.G.**
Methodological approaches and methods for identification of non-business transactions by an expert accountant

67 **Vanushkin A.S., Dadashev B.A.**
Economic efficiency of configuration of alternative energy system in Crimea

82 **Moskovkin V.M., Liu Yawei, Ukrainskiy P.A.**
Instruments for territorial benchmarking of university systems

PUBLIC AND BUSINESS FINANCE

91 **Bykanova N.I., Solovey J.A., Gordya D.V., Konshina L.A.**
Formation of banks ecosystems in conditions of digitalization of banking space

101 **Biryukov M.V., Klimova N.A., Gostishcheva T.V.**
Cost estimate on implementation of measures, ensuring information security in consumer cooperation organizations

110 **Korobeynikova O.M., Korobeynikov D.A., Stefanovich L.I.**
Prospects for digital banking blockchain guarantees

COMPUTER SIMULATION HISTORY

117 **Buzina T.S., Polkovskaya M.N.**
Modeling of production of agrarian product taking into account the price seasonality

126 **Rumbesht V.V., Burdanova E.V.**
Combinatorics an ordered multiplicative decompositions

135 **Pihnastyi O.M., Khodusov V.D.**
Optimal material flow control at the input of the main conveyor

SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

154 **Ofitserov A.I., Basov O.O., Batchurin S.S.**
Conceptual bases of maintenance of complex safety on critical objects

164 **Korolev M.V., Koroleva L.Yu., Motienko A.I.**
Conceptual model of infocommunication systems for collecting and analyzing data on the health status of the population

176 **Artamonov I.V.**
CPN-based simulation software for business process throughput analysis

186 **Beletskaya N.M., Golovkova A.S.**
Information system for laboratory researches of food products

196 **Surushkin M.A., Nesterov V.G., Igrunova S.V., Nesterova E.V.**
Method of integral assessment of functional conditions of personal cardiorespiratory system using an experts score and ranking assessment

INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

205 **Ursol D.V.**
Influence distortion of power amplifier on signals with orthogonal subband base

213 **Frolov V.V., Slipchenko S.E., Prikhodko O.Yu.**
Clusters number calculating method for the k-means algorithm

226 **Information about authors**

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА
REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

УДК 338.43
DOI

РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОГО ПОДКОМПЛЕКСА АПК

REGIONAL ASPECTS OF FUNCTIONING AND DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF AIC DAIRY SUB-COMPLEX

О.В. Ваганова. Н.Е. Соловьева, А.П. Пересыпкин
O.V. Vaganova, N.E. Solovjeva, A.P. Peresypkin

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

Belgorod National Research University,
85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: vaganova@bsu.edu.ru, solovjeva@bsu.edu.ru, peressypkin@bsu.edu.ru

Аннотация
В статье раскрывается современное состояние и тенденции развития молочной отрасли Белгородского региона. Авторами анализируется валовое производство молока в сельскохозяйственных предприятиях Белгородского региона, выявляется динамика производства молока и динамика продуктивности скота в хозяйствах всех категорий Белгородского региона. Исследования показывают, что на сегодняшний день одной из важных задач обеспечения устойчивого воспроизводства АПК является сохранение целостности производственного цикла, который заключается в интегрированном взаимодействии всех специфических видов деятельности, таких как производство, заготовка, переработка, реализация сельскохозяйственной продукции. Для молочной отрасли это создание собственной кормовой базы, выращивание молодняка, производство и переработка молока. С целью обеспечения единого цикла в молочной отрасли целесообразно систематически анализировать статистические данные по молочной отрасли, прогнозировать необходимые объемы производства молочной продукции, выделять субсидированные средства на развитие агропредприятий и способствовать расширению рынка сбыта.

Abstract
The article reveals the current state and trends in the development of the dairy industry in the Belgorod region. The authors analyze the gross milk production in agricultural enterprises of the Belgorod region, identify the dynamics of milk production and the dynamics of livestock productivity in farms of all categories of the Belgorod region. Research shows that today one of the important tasks of ensuring sustainable reproduction of agricultural products is to preserve the integrity of the production cycle, which consists in the integrated interaction of all specific activities, such as production, procurement, processing, and sale of agricultural products. For the dairy industry, this means creating its own feed base, growing young animals, and producing and processing milk. In order to ensure a single cycle in the dairy industry, it is advisable to systematically analyze statistical data on the dairy industry, forecast the necessary volumes of production of dairy products, allocate subsidized funds for the development of agricultural enterprises and promote the expansion of the sales market.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, производство молока, молочная продукция, эффективность производства, продуктивность скота, рентабельность.

Keywords: agro-industrial complex, milk production, dairy products, production efficiency, livestock productivity, profitability.

Введение

На современном этапе развития российской экономики агропромышленный комплекс (АПК) признается сложной организационно-экономической структурой, которая состоит из интегрировано-зависимых подотраслей и специфических видов деятельности, таких как производство, заготовка, переработка, хранение и сбыт сельскохозяйственной продукции. Поэтому одной из главных проблем государства является обеспечение эффективной работы всех структурных элементов, входящих в систему агропромышленного комплекса. Более того, эффективно функционирующий агропромышленный комплекс является гарантом продовольственной безопасности страны и ее регионов. Следовательно, государству необходимо регулировать деятельность всех подотраслей агропромышленного комплекса, обеспечивая себе национальную безопасность.

Одной из подотраслей АПК является молочная отрасль, которая является объектом исследования данной статьи. Целью статьи является проведение анализа динамики развития молочного подкомплекса АПК Белгородской области и выявление тенденций его развития.

Информационной базой исследования выступили данные Росстат управления по Белгородской области, данные Milknews – Новости молочного рынка.

В работе был использован метод эмпирического исследования и метод сравнительного анализа, при помощи которых были выявлены лидеры по производству молока в России и Белгородской области. На основе общелогических методов и приёмов исследования была проанализирована динамика производства молока в Белгородском регионе, а на основе метода моделирования проведен прогноз необходимого его объема в хозяйствах всех категорий Белгородского региона.

Исследование показало, что обеспечение граждан страны качественными продуктами питания, к которым относится молоко и молочные продукты, требует увеличения производства и ведет к необходимости увеличения выращивания племенных животных, модернизации технологии производства

Данная точка зрения совпадает с мнением отечественных ученных, которые занимались вопросами продовольственной безопасности государства: Е.И. Артемова (2014), И.Б. Калашников (2019), А.Р. Кулов (2016), И.В. Манахова (2019), Б.А. Мельников (2014), Н.Н. Карзаева (2019), Удалов Д.В. (2019), Н.М. Шпак (2019) и другие.

Если говорить об исследованиях в области развития молочной отрасли, производства молока и молочных продуктов, то данным вопросом занимались такие ученые как: Н.П. Касторнов (2019), И.В. Ковалева (2018), Мартышенко Н.С. (2019), Л.А. Семина (2018), М.А. Федорова (2020) и многие другие.

Основная часть

На современном этапе развития экономики России усиленно решается вопрос по обеспечению продовольственной безопасности страны. Начиная с 2014 года этот вопрос стал особенно актуален в виду введения санкционных ограничений со стороны США и некоторых стран Запада по отношению к России. Так, Правительством РФ разработаны следующие документы: Концепция продовольственной безопасности Российской Федерации (Концепция продовольственной безопасности Российской Федерации, 2008); «Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года» (Указ Президента РФ от 12.05.2009 г. № 537), где используются разные подходы к основным направлениям обеспечения продовольственной безопасности. В данных документах

определено, что гарантом продовольственной безопасности государства является снижение себестоимости и повышение качества сельскохозяйственного сырья и продуктов питания. Одним из основных и жизненно важных продуктов питания является молочная продукция.

Белгородская область является одним из лидирующих регионов в Российской Федерации по производству сельскохозяйственной продукции, в том числе молока. Если проанализировать 20 субъектов федерации, на долю которых приходится 64 % производства питьевого молока в целом по стране, то Белгородскую область можно увидеть на 8 месте (рис. 1).

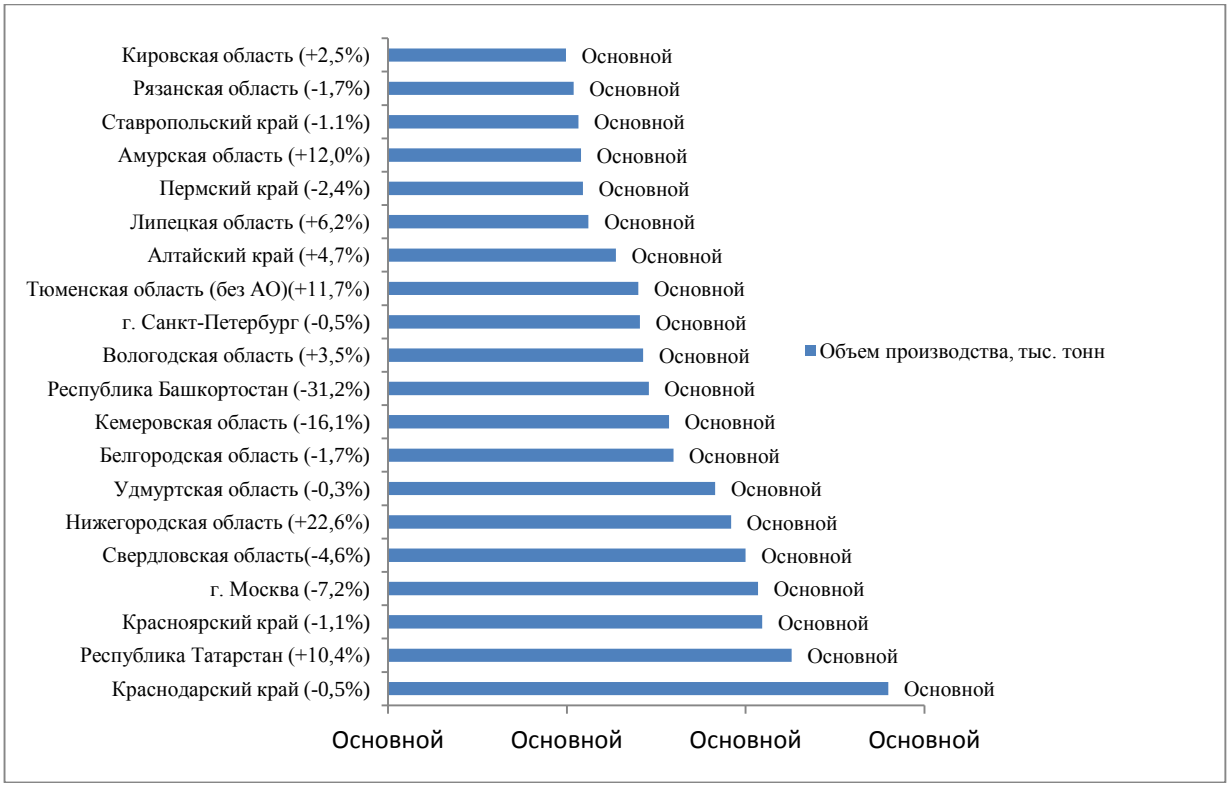


Рис. 1. Топ-20 субъектов РФ по объёмам производства питьевого молока в январе-ноябре 2019 года
Fig. 1. Top-20 Russian regions by volume of drinking milk production in January-November 2019
Источник: Milknews – Новости молочного рынка, 2020

Следовательно, исследование динамики развития молочного подкомплекса АПК на примере Белгородской области будет иметь научно-практическую ценность для регионов, которые не входят в Топ-20 по производству молока.

В состав молочно-продуктового подкомплекса Белгородской области входят крупные, средние сельхозорганизации и молокозаводы, производство которых отражено в таблице 1.

Главными производителями молочной продукции на Белгородчине являются: ООО «ГК «Зеленая долина»», Группа компаний «Авида», ООО «Грайворонская молочная компания», ООО «Томмолоко», ООО ГК «Агро-Белогорье», ОАО АПК «Бирюченский». На их долю приходится 60 % валового производства молока по области, а продуктивность коров превышает 7500 кг на голову.

Но доля произведенного молока в личных хозяйствах постоянно снижается и поэтому у правительства области на повестке дня стоит вопрос о развитии кластерного направления по воспроизводству крупнорогатого скота как на базе самостоятельно действующих предприятий, так и в личных подворьях. При этом кластеризация заключается в реализации замкнутого цикла производства по принципу «от поля до прилавка»: от создания собственной кормовой базы и выращивания молодняка до производства и переработки молока.

Таблица 1
Table 1

Динамика производства молока Белгородского региона
Dynamics of milk production in the Belgorod region

	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Сельскохозяйственные хозяйства								
тыс. т.	363,2	303,2	344,4	376,0	532,8	542,4	442,6	478,4
%	60,1	58,6	61,8	69,1	70,8	71,6	74,6	76,7
Хозяйства населения								
тыс. т.	237,0	199.9	193,2	137,9	126,7	119.1	113,1	107,4
%	39,2	38,6	34,7	25,3	23,8	22,0	19,1	17,2
Крестьянские (фермерские) хозяйства								
тыс. т.	4,6	14,7	19.9	30,3	28,5	34,8	37,9	38,0
%	0,8	2,8	3,5	5,6	5,4	6,4	6,4	6,1

Данное мероприятие модернизирует и активизирует организационные процессы молочной отрасли в регионе, и, несмотря на общероссийский кризис молочной отрасли и связанные со снижением численности дойного стада и объемов производства молока, регион выйдет на достойное 3 место в ЦФО по производству молока.

Ожидается, что за 1 год поголовье крупнорогатого скота увеличится примерно на 2,5 тыс. голов, а поголовье коров в личных хозяйствах – на 1,6 тыс. голов. С началом 2020 года в регионе поголовье крупнорогатого скота составило 225,3 тыс. голов, в том числе 88,1 тыс. коров, более 2/3 из которых (68 %) содержится в частных сельскохозяйственных предприятиях. Доля поголовья Белгородского региона в общероссийском дойном стаде составляет 1,0 %, и 7,5 % – поголовья коров в ЦФО. Для наглядности покажем динамику продуктивности скота в хозяйствах всех категорий, кг (рис. 2).

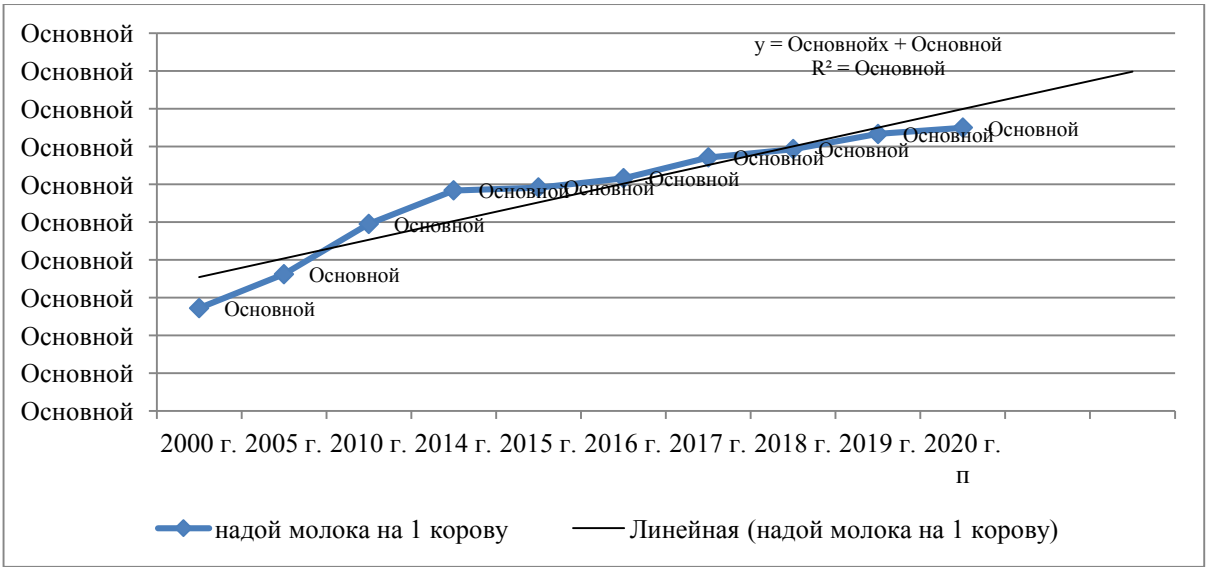


Рис. 2. Динамика продуктивности скота в хозяйствах всех категорий Белгородского региона в кг.
Fig. 2. Dynamics of livestock productivity in farms of all categories of the Belgorod region in kg.

Проанализировав динамику продуктивности скота в хозяйствах и спрогнозировав на 2 года, наблюдается положительная динамика, так как за весь период прирост составил 4207 кг молока. Если анализировать по стране, то наибольший прирост производства молока показали хозяйства, находящиеся в регионах, представленных на рисунке 3.

По данным Департамента АПК Белгородской области, в 1 полугодии 2019 года валовое производство молока равняется 265 тыс. тонн, где в среднем надой молока на 1 животное в сельхозорганизациях (кроме микропредприятий) РФ равняется 3250 кг, что на 5,2 % больше первого полугодия 2018 года, а в Белгородском регионе составил 3917 кг. – это выше среднероссийского уровня. Для более глубокого анализа рассмотрим валовое производство молока по муниципальным районам Белгородской области (табл. 2).

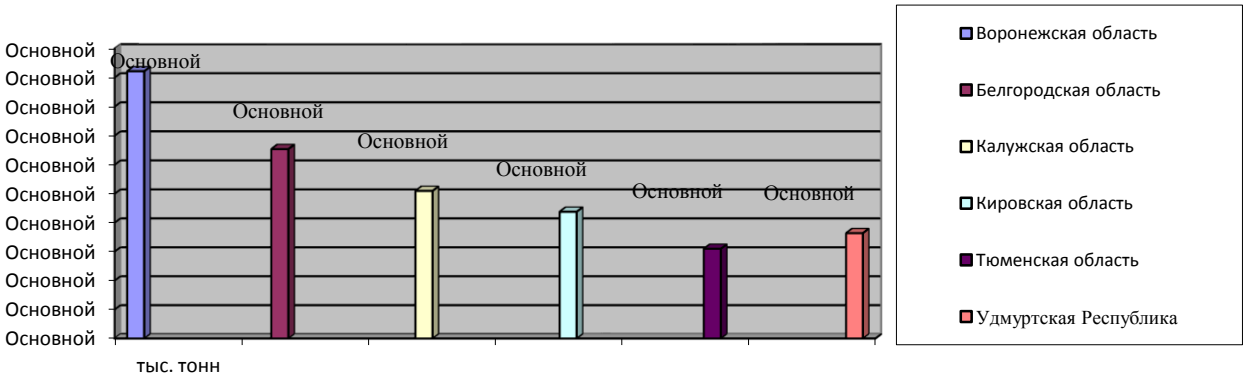


Рис. 3. Лидеры по производству молока по России на 31.12.2019 г., тыс. тонн
Fig. 3. Leaders in milk production in Russia for 31.12.2019, thousand tons

Таблица 2
Table 2

Валовое производство молока в сельскохозяйственных предприятиях Белгородского региона по состоянию на 01.12.2019 г.
Gross milk production in agricultural enterprises of the Belgorod region as of 01.12.2019

Наименование районов	2018 г.	в т. ч. за отчетный месяц	2019 г.	в т. ч. за отчетный месяц	2019 г. к 2018 г.			
					±	%	в т. ч. за отчетный месяц	
							±	%
Алексеевский	9895	797	10564	828	669	107	31	104
Белгородский	30219	2565	29479	2575	-740	98	10	100
Борисовский	3406	436	5311	464	1905	156	28	103
Валуйский	1625	64	921	86	-704	57	22	134
Вейделевский	11625	1061	12396	1129	741	106	88	106
Волоконовский	0	0	0	0	0	0	0	0
Грайворонский	37151	3186	38904	3270	1753	105	84	103
Губкинский	14150	1061	12353	981	-1797	87	-80	92
Ивнянский	33435	3264	33827	3216	392	101	-48	99
Корочанский	31032	3293	39740	3614	8708	128	321	110
Красненский	17251	1739	18951	1759	1700	110	20	101
Кр. Гвардейский	43161	4603	65947	6054	22786	153	1451	132
Краснояружский	0	0	0	0	0	0	0	0
Новооскольский	6639	576	12541	1129	5902	189	553	196
Прохоровский	14181	897	14267	1328	86	101	431	148
Ракитянский	17467	1690	24517	1972	7050	140	282	117
Ровеньский	30499	2257	29384	2262	-1115	96	5	100
Ст. Оскольский	38501	3404	39989	3589	1488	104	185	105
Чернянский	40869	35505	44172	3884	3303	108	379	111
Шебекинский	14442	1214	14638	1094	196	101	-120	90
Яковлевский	40942	3600	43132	3891	2190	105	291	108
ИТОГО	436520	39215	491031	43124	54511	112	3909	110

Как показывают данные, не все районы занимаются производством молока, и только некоторые могут обеспечить себя молочной продукцией. Следовательно, молочное животноводство в регионе требует более внимательной региональной политики по этому вопросу, что должно перевести на новый уровень развития молочную подотрасль за счет применения современных технологий и государственной поддержки. Если говорить о государственной поддержке, то можно отметить, что выделенный бюджет в Белгородской области в 2019 составил 5053,6 млн руб., из них освоено на ноябрь 2019 – 4028,9 млн руб., или 80 %. В таблице 3 эти цифры представлены в структурном разрезе.

Таблица 3
Table 3

Государственная поддержка АПК Белгородского региона на 31.12.2019 г.
State support for the agro-industrial complex of the Belgorod region as of 31.12.2019.

Направление государственной поддержки	Предусмотрено в текущем году, тыс. руб.		
	Всего	В том числе за счет средств	
		Федерального бюджета	Бюджета субъекта РФ
Развитие отраслей агропромышленного комплекса			
Поддержка в области растениеводства	80190	63350	16840
Поддержка в области продуктивности молочного скотоводства	277309	219074	58235
Региональные программы развития АПК (Единая субсидия)	1938939	1531762	407177
Итого по направлению	2296437	1814186	482252
Стимулирование инвестиционной деятельности в АПК			
Поддержка инвестиционного кредитования в АПК	2554711	2426975	127736
Возмещение части прямых понесенных затрат на создание или модернизацию объектов АПК	556790	556735	56
Итого по направлению	3111501	29837130	127791

Для развития АПК при государственной поддержке используют такие современные методы поддержки, как разовые субсидии, субсидии на постройку объектов, субсидии для приобретения и модернизации основных средств [Федеральный закон от 29.12.2006 № 264-ФЗ]. Для более эффективного развития АПК, в частности молочной отрасли, государственная поддержка выражается в государственных субсидиях, которые направляются на создание благоприятных условий функционирования агропредприятий с целью создания общественных благ и возможностей развития самой отрасли, что обеспечит повышение доходности существующих предприятий. Поддержание доходности агропредприятий и выход на эффективное производство – это важная задача, которая позволяет решить проблему продовольственной безопасности страны.

Заключение

Развитие агропромышленного сектора в экономике России до сих пор характеризуется нестабильным, имеет пробелы и недостатки, что отражается на экономической безопасности страны. Причина кроется в дисбалансе между системами

управления и внешнеэкономическими условиями хозяйствования. Для решения этой проблемы необходимо активизировать процесс модернизации АПК, в том числе молочную подотрасль. Исследования показывают, что на сегодняшний день одной из важных задач обеспечения устойчивого воспроизводства АПК является сохранение целостности производственного цикла, который заключается в интегрированном взаимодействии всех специфических видов деятельности, таких как производство, заготовка, переработка, реализация сельскохозяйственной продукции. Для молочной отрасли это создание собственной кормовой базы, выращивание молодняка, производство и переработка молока. С целью обеспечения единого цикла в молочной отрасли целесообразно анализировать и изучать статистические данные по молочной отрасли, прогнозировать необходимые объемы производства молочной продукции, выделять субсидированные средства на развитие агропредприятий и способствовать расширению рынка сбыта.

Статья выполнена в рамках работы НОЦ «Инновационные решения в АПК» НИУ «БелГУ»

Article completed within the framework of the work of NOC "Innovative Solutions in Agro-Industrial Complex" Belgorod National Research University

Список литературы

1. Артемова Е.И., Шпак Н.М. 2019. Цифровизация как инструмент инновационного развития молочного скотоводства. Вестник академии знаний. 31(2): 15–19.

2. Белгородская область в цифрах. 2019: Крат. стат. сб. Белгородстат. 252 с.

3. Белгородская область: Молочное скотоводство находится в центре внимания регионального правительства. 2020. URL: https://milknews.ru/ interviu-i-blogi/interviu-i-blogi_577.html.

4. Касторнов Н.П. 2019. Развитие отрасли молочного скотоводства Тамбовской области: состояние, тенденции, эффективность. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 3 (58): 127–131.

5. Карзаева Н.Н. 2019. Основы экономической безопасности. М.: ИНФРА-М. 275 с. (Высшее образование: специалитет). – www.dx.doi.org/10.12737/20854. URL:: http://znanium.com/ catalog/product/990717

6. Киселева Е.Н., Власова О.В., Коннова Е.Б. 2009. Рынок продовольственных товаров. Москва, 2009.

7. Концепция продовольственной безопасности Российской Федерации. 2008. URL: http://www.rg.ru/2008/05/21/minselhoz.html.

8. Кулов А.Р. 2016. Особенности воспроизводственных процессов в сельском хозяйстве России в условиях экономических санкций. Московский Экономический журнал, Москва: ООО «Электронная наука». 1.

9. Мартышенко Н.С. 2019. Маркетинговые исследования рынка молочной продукции Приморского края. Азимут научных исследований: экономика и управление. Т 8. 2 (27): 247–250.

10. Milknews – Новости молочного рынка. 2020. URL: https://ok.ru/milknews.

11. Мельников, Б.А. 2014. Продовольственная проблема в условиях глобализации мировой экономики. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 47: 7–12.

12. Мельников Б.А. 2018. Приоритетные направления обеспечения продовольственной безопасности России: дисс. к.э.н.,08.00.05. Краснодар.

13. О развитии сельского хозяйства. 2020. Федеральный закон от 29.12.2006 № 264-ФЗ.

14. Распоряжение Губернатора Белгородской области от 9 марта 2016 г. №125-Р «Об утверждении перечня приоритетных и социально значимых рынков и плана мероприятий (дорожной карты) по содействию развития конкуренции Белгородской области на 2017–2020 год.

15. Россия в цифрах. 2019. Краткий статистический сборник. Росстат. М., 549 с.

16. Семина Л.А., Ковалева И.В. 2018. Перспективы развития молочной отрасли региона. Экономика. Профессия. Бизнес. 3: 103–107.

17. Указ Президента РФ от 21.01.2020 № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». URL: http://www.consultant.ru/ document/cons_doc_LAW_343386/

18. Федотова М.А. 2020. Совершенствование методики оценки производственного потенциала в отрасли молочного скотоводства. Фундаментальные исследования 11: 40–45.

19. Экономическая безопасность. 2019. Под ред. д-ра экон. наук, проф. И.В. Манаховой. Саратов: Саратовский социально-экономический институт (филиал) РЭУ им. Г.В. Плеханова. 304 с.

References

1. Artemova E.I., Spak N.M. 2019. Digitalization as an instrument of innovative development of dairy cattle breeding. Journal of the Academy of Knowledge. 31 (2) :15–19.

2. Belgorod region in numbers. 2019. Krat. to become. St. Belgorodstat. 252 p.

3. Belgorod region: Dairy cattle breeding is the focus of attention of the regional government, 2020. Available at: https://milknews.ru/interviu-i-blogi/interviu-i-blogi577.html.

4. Kastornov N.P. 2019. Development of the industry of dairy cattle breeding of the Tambov region: state, trends, efficiency. Journal of the Michurinsky State Agrarian University. 3 (58): 127–131.

5. Karzayeva N.N. 2019. Basics of Economic Security. Moscow: INFRA-M, 275 p. (Higher education: specialization). – www.dx.doi.org/10.12737/20854. - Available at: http://znanium.com/catalog/product/990717

6. Kiseleva E.N., Vlasova O.V., Connova E.B. 2009 Market of food products. Moscow.

7. The Concept of Food Security of the Russian Federation. 2008. Available at: http://www.rg.ru/2008/05/21/minselhoz.html.

8. Kulov A.R. 2016. Peculiarities of reproduction processes in agriculture in Russia under conditions of economic sanctions. Moscow Economic Journal, Moscow: LLC "Electronic Science." 1.

9. Martyshenko N.S. 2019. Marketing research of the dairy market of Primorsky Krai. Azimuth of scientific research: economics and management. T8. 2 (27): 247-250.

10. Milknews – Milk market news. 2020. Available at: https://ok.ru/milknews.

11. Millers B.A. 2014. Food problem in the context of globalization of the world economy. Works of the Cuban State Agrarian University. 47: 7–12.

12. Melnikov B.A. 2018. Priority areas of food security in Russia: diss. PhD Econ., 08.00.05. Krasnodar.

13. On the Development of Agriculture. 2020. Federal Law No. 264-ФЗ of 29.12.2006.

14. Order No. 125-R of 9 March 2016 of the Governor of the Belthe Region "On Approval of the List of Priority and Social Significant Markets and the Action Plan (Roadmap) to Promote the Development of Competition of the Belthe Region for 2017–2020.

15. Russia in figures. 2019. Short Statistical Collection. Rosstat. M., 2019. 549 p. (in Russian)

16. Semina L.A., Kovaleva I.V. 2018. Prospects for the development of the dairy industry of the region. Economy. Profession. Business. 3: 103–107.

17. Decree of the President of the Russian Federation No. 20 dated 21.01.2020 "On Approval of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation". Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343386/.

18. Fedotova M.A. 2020. Improvement of the method of assessment of production potential in the dairy cattle breeding industry. Basic studies. 11: 40–45.

19. Economic security. 2019. Ed. dr. ekon. sciences, professional. I.V. Manakhova. Saratov: Saratov social and economic institute (branch) of REU of G.V. Plekhanov. 304 pages.

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Ваганова О.В., Соловьева Н.Е., Пересыпкин А.П. 2020. Региональные аспекты функционирования и динамика развития молочного подкомплекса АПК. Экономика. Информатика. 47 (1): 5–12. DOI:

Vaganova O.V., Solovjeva N.E., Peresypkin A.P. 2020. Regional aspects of functioning and dynamics of development of AIC dairy sub-complex. Economics. Information technologies. 47 (1): 5–12 (in Russian). DOI:

УДК 338.24
DOI

ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ ПЕРВИЧНОЙ МЕДИКО-САНИТАРНОЙ ПОМОЩИ (РЕГИОНАЛЬНЫЙ ОПЫТ)

FINANCIAL AND ECONOMIC MECHANISM FOR THE DEVELOPMENT OF PRIMARY HEALTH CARE (REGIONAL EXPERIENCE)

Н.Н. Зубарева
N.N. Zubareva

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

Belgorod National Research University,
85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: nzubareva73@mail.ru

Аннотация
В статье раскрывается региональная практика применения финансово-экономического механизма развития первичной медико-санитарной помощи. При этом под механизмом понимается аппарат, устройство процессов развития данного вида помощи. Описываются подходы к формированию бюджета офиса общей врачебной практики (отдельно взятого терапевтического участка) с позиции выделения его доходной и расходной частей. Основным принципом процесса бюджетирования в первичном звене здравоохранения определено «условное» локальное фондодержание на уровне врача общей практики (терапевта участкового) при существующем частичном фондодержании в поликлиниках и центральных районных больницах. Фокус логистики оказания помощи прикрепленному населению сосредоточен в блоке «Бюджетирование» территориальной медицинской информационной системы, основными пользователями которого являются врачи амбулаторно-поликлинического звена.

Abstract
The article reveals regional practice of applying the financial and economic mechanism for primary health care development. In the article, the mechanism is understood as the device of the development processes of this type of assistance. There are also described approaches to the budget formation of the general medical practice office (a separate therapeutic area) from the allocation position of its revenue and expenditure parts. The main principle of the budgeting process in primary health care is defined as "conditional" local fund maintenance at the level of a general practitioner (district therapist) with the existing partial fund maintenance in polyclinics and general district hospitals. The focus for providing assistance to the population is concentrated in the "Budgeting" block of the territorial medical information system, the main users of which are doctors of the outpatient level. As a part of the financial and economic mechanisms for the development of primary health care in regional medical organizations in 2019, it was possible to ensure savings of 8% within the micro-budgets of general practitioners' offices and therapeutic areas by reducing costs:
- on diagnostic services (when re-equipment was done in accordance with the standards and procedures of general practitioners's workplaces and district therapists, these specialists have the opportunity to conduct part of the diagnostics independently);
- on medical care provided by particular specialists;
- on the maintenance of general medical practice offices, paramedic and midwifery centers by reducing the cost of utilities after the construction of energy-efficient facilities and major repairs of existing ones (in 2019, the savings were about 1% of keeping all offices and paramedic and midwifery centers in the region, in monetary terms - about 3 million rubles).

The use of the region's financial-economic development mechanism of primary health care, aimed at optimal use of available financial, material and human resources leads to positive medical and economic effects and contributes to the high quality health care to the population.

Ключевые слова: медико-санитарная помощь, врач общей практики, терапевтический участок, фондодержание, бюджетирование, микробюджет, региональная медицина, Белгородская область.
Keywords: medicine, health care, general practitioner, therapeutic area, fund maintenance, budgeting, micro-budget, regional medicine, Belgorod region.

Введение

Финансово-экономические условия оказания первичной медико-санитарной помощи определяются Территориальной программой государственных гарантий бесплатного оказания жителям медицинской помощи и Тарифным соглашением в системе обязательного медицинского страхования на очередной год [Акишкин, 2014]. Финансирование медицинских организаций Белгородской области на 2020 год структурировано следующим образом: средства обязательного медицинского страхования (71 %), средства бюджета (22 %), средства от оказания платных медицинских услуг (7 %). Первичная медико-санитарная помощь имеет основной финансовый источник – средства обязательного медицинского страхования [Баева, 2017; Гусева, 2016]. В совокупной структуре денежных средств, аккумулированных в рамках Территориальной программы обязательного медицинского страхования, их распределение по направлениям финансирования осуществляется таким образом: стационарная помощь – 47,4 %; амбулаторная помощь – 34,1 %; дневной стационар – 10,5 %; скорая медицинская помощь – 5,9 %; финансовое обеспечение деятельности страховых медицинских организаций и административно-управленческого персонала фонда ОМС – 2,1 %.

Оплата услуг, оказанных медицинскими организациями в амбулаторно-поликлинических условиях, происходит по подушевому нормативу финансирования на прикрепившихся лиц в сочетании с оплатой за единицу объема медицинской помощи: за медицинскую услугу, за посещение, за обращение (законченный случай). Подушевые нормативы оказания медицинской помощи в амбулаторных условиях устанавливаются по половозрастным группам и включают расходы на оказание амбулаторной помощи по всем профилям, за исключением стоматологического, а также на:

- неотложную медицинскую помощь;
- медицинскую помощь, оказываемую в центрах здоровья;
- диспансеризацию взрослого населения на 1-м этапе, детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей, в том числе усыновленных (удочеренных), принятых под опеку (попечительство) в приемную семью;
- профилактические осмотры взрослого населения [Зубарева, 2018].

В 2020 году расширен перечень услуг, оказываемых за рамками подушевого финансирования: профилактические осмотры несовершеннолетних, диагностические услуги, содержание ФАПов (таблица 1).

В 2020 году в Белгородской области подушевой норматив финансирования в системе ОМС на 1-го застрахованного составил 12 669, 2 рублей, из которых 4360, 7 рублей – это нормированный объем средств, предусмотренный на амбулаторно-поликлиническую помощь: 1806, 7 рублей – по подушевому принципу финансирования и 2554, 0 рублей – за пределами подушевого финансирования.

Таблица 1
Table 1

Расчет подушевого норматива финансирования амбулаторно-поликлинической помощи в регионе на 2019–2020 годы

Estimate number of headcount financing standard of outpatient care in the region for 2019–2020

Составляющие амбулаторно-поликлинической помощи	**Норматив объема**	***Финансирование***		**Норматив объема**	***Финансирование***		**Отклонение 2020 г. от 2019 г. (руб.)**
Численность застрахованного населения		**1 551 530**			**1 541 514**		**-10 016**
Посещения с профилактическими и иными целями	2,88	2 117 130 952,3	1 364,5	2,93	2 317 858 224,0	1503,6	200 727 271,7
Неотложная помощь	0,56	522 530 479,5	336,8	0,54	525 255 480,4	340,7	2 725 000,9
Обращения по заболеванию	1,77	3 610 714 409,9	2 327,2	1,77	3 859 162 112,0	2503,5	248 447 702,1
Всего по программе		**6 250 375 841,7**	**4 028,5**		**6 749 633 964, 4**	**4378,6**	**499 258 122, 7**
Оплата медицинской помощи за пределами территории страхования		62 829 670,0	40,5		27 528 000,0	17,9	-35 301 670,0
Итого Финансирование МО Белгородской области		**6 187 546 171,7**	**3 988,0**		**6 722 105 96**	**4360, 7**	**534 559 792, 7**
В том числе:							
стоматология с неотложной помощью		577 807 287,0	372,4		582 139 992,0	377,6	4 332 705,0
диспансеризация и профосмотры		404 966 769,0	261,0		1 268 053 404,6	822,6	863 086 635,6
Центры здоровья		31 210 511,0	20,1		31 210 511, 027 073 000, 0	20, 217, 6	4 137 511, 00

Таблица 1
Table 1

Расчет подушевого норматива финансирования амбулаторно-поликлинической помощи в регионе на 2019–2020 годы

Estimate number of headcount financing standard of outpatient care in the region for 2019–2020

Составляющие амбулаторно-поликлинической помощи	**Норматив объема**	***Финансирование***		**Норматив объема**	***Финансирование***		**Отклонение 2020 г. от 2019 г. (руб.)**
Неотложная помощь		497901071,5	320,9		498827192,0	323,6	926 120,5
Офтальмологические услуги в специализированных центрах		2 128 026,3	1,4		2 368 697,3	1,5	240 671,0
гемодиализ		523 196 703,0	337,2		610 052 000,0	395,7	86 855 297,0
дистанционная медицина		20 000 000,0	12,9			0,0	-20 000 000,0
КТ					197 391 588, 8	128, 1	197 391 588, 8
МРТ					73 337 477,6	47,6	73 337 477,6
УЗИ сердечно-сосудистой системы					111 075 510,0	72,1	111 075 510,0
эндоскопические диагностические исследования					64 750 518,0	42,0	64 750 518,0
гистологические исследования с целью выявления онкозаболеваний					44 414 973,0	28,8	44 414 973,0
молекулярно-генетические исследования (с целью выявления онкозаболеваний)					16 185 000,0	10,5	16 185 000,0
ФАПы					412 250 800, 0	267, 4	412 250 800, 0
ВПЧ (вирус папилломы человека)					18 000 000,0	11,7	18 000 000,0

Таблица 1
Table 1

Расчет подушевого норматива финансирования амбулаторно-поликлинической помощи в регионе на 2019-2020 годы Estimate number of headcount financing standard of outpatient care in the region for 2019-2020							
Всего за пределами подушевого принципа финансирования		**2 072 144 740,8**	**1 335,5**		**3 937 060 664, 3**	**2554, 0**	**1 864 915 923, 5**
Всего по подушевому принципу финансирования		**4 115 401 430,9**	**2 652,5**		**2 785 045**	**1806,7**	**-1 330 356 130, 8**

Материалы и методы исследования. Особенностью финансово-экономического механизма развития первичной медико-санитарной помощи в первичном звене здравоохранения региона является так называемое условное фондодержание, определенное на уровне офисов врачей общей практики и терапевтических участков [Кулакова, 2014]. Его суть заключается в ступенчатости распределения и освоения средств ТФОМС, а именно: в самостоятельных поликлиниках и центральных районных больницах с поликлиническими отделениями в структуре аккумулируется потенциально возможный к освоению объем денежных средств, что по существу является частичным фондодержанием. Далее внутри общего бюджета больницы или поликлиники рассчитываются так называемые микробюджеты отдельных офисов врачей общей практики и терапевтических участков с определением прогнозных доходной и расходной частей. Это не предполагает открытие субсчетов, бюджетирование осуществляется посредством учета условно обособленных средств микробюджетов в финансово-экономических службах ТФОМС и каждой медицинской организации, оказывающей первичную медико-санитарную помощь [Обухова, 2012].

Результаты и их обсуждение

В регионе в рамках утвержденной территориальной программы обязательного медицинского страхования просчитаны микробюджеты всех (100 %) сформированных зон обслуживания врачей общей практики и терапевтов участковых, исходя из характеристик прикрепленного населения.

В среднем микробюджет одного офиса (участка) составляет 5 млн 186,7 тыс. руб. В зависимости от численности и половозрастного состава обслуживаемого населения доходы офисов варьируются от 5 млн 308 тыс. руб. до 5 млн 860 тыс. руб. (табл. 2).

Доход офиса врача общей практики (терапевтического участка) формируется за счет дохода от амбулаторной помощи и помощи, оказанной в условиях дневного стационара, что в 2020 году суммарно составит 5 186,7 тыс. руб. В рамках оказания амбулаторной помощи из общего тарифа в 4 360, 7 руб. на душу населения врач общей практики (терапевт участковый) может заработать 3 061, 2 руб. (1 806, 7 руб. – подушевое финансирование и 1 254,5 руб. – за пределами подушевого финансирования). Объем финансирования по подушевому принципу за год в среднем составит 2891,5 тыс. руб., он формируется на основании половозрастной структуры прикрепленного населения и коэффициента дифференциации медицинской организации. Размер финансирования за пределами

подушевого – 2 558, 2 тыс. руб. в год – определяется на основании запланированных объемов медицинской помощи, в том числе, на:

а) комплексные обследования в ходе диспансеризации и профилактических осмотров прикрепленного населения разной половозрастной структуры (1 316, 2 тыс. руб.);

б) оказание неотложной медицинской помощи (в среднем – 258,1 тыс. руб.);

в) содержание ФАПа (983, 9 тыс. руб.).

Таблица 2
Table 2

Бюджет офиса врача общей практики на 2020 год при численности населения 1600 человек
Budget of general practitioner's office for 2020 in accordance with 1600 population

Доходы	На душу населения, руб.	Всего, тыс. руб.	Расходы	Всего, тыс. руб.	%
Амбулаторная помощь:	**3061,7**	**4898,7**	**Офис общей врачебной практики (терапевтический участок)**	**2820,0**	**54,4**
подушевое финансирование	**1807,2**	**2891,5**	*ФОТ медицинских работников*	*2004,0*	*38,6*
за пределами подушевого финансирования, в том числе	**1254,5**	**2007,2**	*материальные запасы*	*207,0*	*4,0*
диспансеризация и профилактичес-кие осмотры	*822,6*	*1316,2*	*содержание имущества*	*176,0*	*3,4*
неотложная помощь	*161,3*	*258,1*	*содержание ФАПа*	*433*	*8,3*
ФАПы	*270,6*	*433,0*	**Услуги узких специалистов**	**1734,7**	**33,4**
Дневной стационар	**180**	**288,0**	**Диагностические и лабораторные исследования**	**632,0**	**12,2**
Итого	**3241,7**	**5186,7**	**Итого**	**5186,7**	**100,0**

Годовой доход от оказания медицинской помощи в условиях дневного стационара составляет примерно 288 тыс. руб. Он складывается из доходов за каждый случай лечения (в среднем около 36 случаев в год). На площадках офисов врачей общей практики и терапевтов участковых функционируют койки дневного стационара, на каждого врача приходится не менее двух коек [О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года].

Расходование средств офиса (терапевтического участка) производится по трём направлениям: расходы на функционирование самого офиса или участка, оплата за оказанную медицинскую помощь прикрепленному населению другими врачами-

специалистами, проведение сложных диагностических исследований, назначенных врачом участковым [Павлов, Степчук, Пинкус, Господынько, 2012].

Расходы на функционирование офиса общей врачебной практики (терапевтического участка) включают в себя:

1. Фонд оплаты труда, который составляет в среднем 2 004 тыс. руб. в год. Он складывается из годовых фондов оплаты труда всех сотрудников офиса (участка): ФОТ врача – 1 002 тыс. руб. при средней заработной плате врача – 64 138 руб. в месяц, ФОТ средних медработников – 752 тыс. руб. при средней заработной плате – 32 069 руб. и ФОТ прочего персонала – 250 тыс. руб.

2. Содержание имущества офиса общей врачебной практики (терапевтического участка). Это в основном коммунальные услуги и налоги, на которые расходуется порядка 176 тыс. руб.

3. Траты на материальные запасы: ГСМ, медикаменты, расходные материалы составляют 207 тыс. руб.

4. Средства в объеме 433 тыс. руб. расходуются на обеспечение функционирования ФАПов, которые находятся в зоне обслуживания врача общей практики или терапевта участкового. Это заработная плата фельдшера, содержание помещения и материальные запасы.

Объем средств на оплату за оказанную медицинскую помощь врачами-специалистами прикрепленному населению в среднем составляет 1 734,7 тыс. руб. в год. Расчет за услуги проходит на двух уровнях: внутреннем и внешнем. На внешнем уровне при оплате счетов страховой компанией из микробюджетов офисов врачей общей практики и участковых терапевтов изымаются средства в размере стоимости медицинской помощи, оказанной узкими специалистами за пределами медицинской организации. На внутреннем уровне распределение денежных средств происходит в конкретной медицинской организации, т. е. внутри юридического лица, между врачами общей практики (терапевтами участковыми) и узкими специалистами в соответствии с объемом предоставленной медицинской помощи.

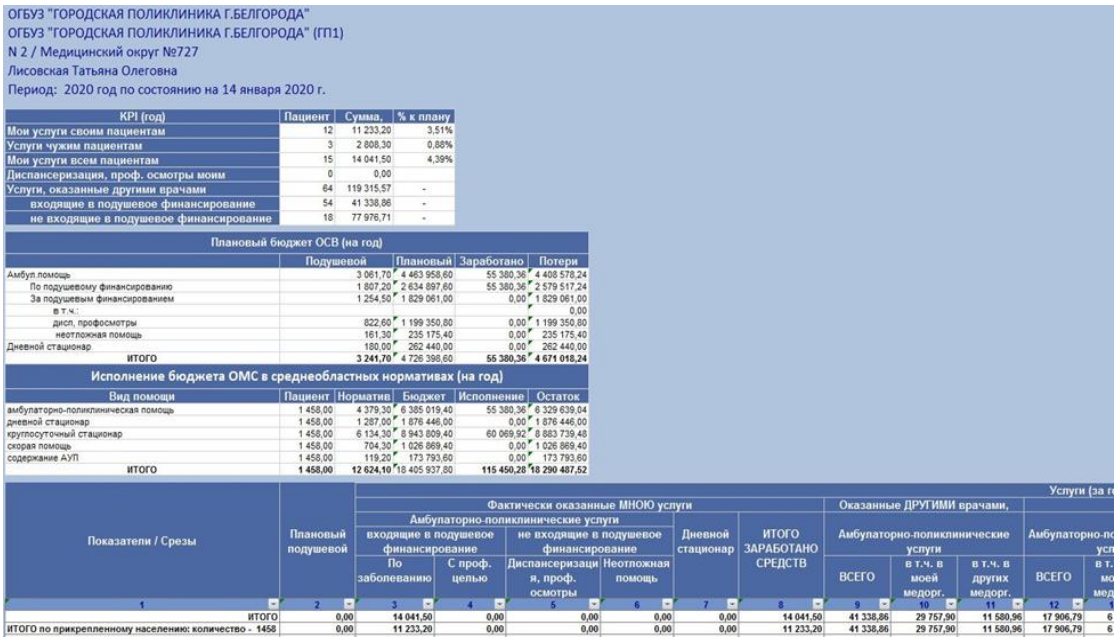
На диагностические и лабораторные исследования из микробюджета офиса (участка) в среднем расходуется 637 тыс. руб. в год.

Анализ финансово-экономической деятельности офисов врачей общей практики и терапевтических участков показывает неравномерность в наполнении и расходовании микробюджетов данных структурных подразделений, что обусловлено разными условиями функционирования: опытом работы, уровнем профессиональных компетенций медицинского персонала, количеством и структурой прикрепленного населения, возможностями размещений коек дневного стационара. При этом отмечается преимущество в экономической эффективности офисов врачей общей практики в сравнении с терапевтическими участками, так как врач общей практики и его команда (медсестра и фельдшер), в отличие от команды терапевта участкового, могут в рамках своих расширенных компетенций самостоятельно оказывать более широкий спектр медицинских услуг, не направляя пациентов без особой необходимости к узким специалистам, а также самостоятельно проводить диагностики на имеющемся у них оборудовании, не «покупая» эти услуги ни внутри своей организации, ни за ее пределами [Поляков, 2015].

При этом существуют и объективные причины, определяющие низкую экономическую эффективность некоторых офисов и участков: преобладание среди прикрепленного населения лиц старшего возраста, имеющих хронические заболевания, наличие на территории обслуживания более одного ФАПа, недостаточный уровень материальных условий для оказания качественной медицинской помощи. Все это предполагает дополнительные затраты на предоставление медицинских услуг. С целью недопущения дефицита микробюджетов офисов врачей общей практики и терапевтических участков в медицинских организациях региона, осуществляющих первичную медико-санитарную помощь, сформированы так называемые «резервные фонды», в которых расчетно аккумулированы средства более экономически успешных офисов и участков в

объеме до 5 % их месячного дохода. При необходимости данный финансовый ресурс используется для оперативного решения возникающих проблем [Степчук, 2015; Стратегия социально-экономического развития Белгородской области на период до 2025 года; Таймасханов, 2013].

В рамках финансово-экономического механизма развития первичной медико-санитарной помощи в регионе был сделан уверенный шаг в решении проблемы отсутствия в первичном звене здравоохранения инструмента для определения логистики оказания всех видов медицинской помощи прикрепленному населению. В региональной медицинской информационной системе был создан модуль «Бюджетирование». Новый электронный ресурс позволяет через движение денежных средств отследить факты оказания медицинской помощи пациентам как внутри конкретной медицинской организации, так и за ее пределами. Данный модуль представляет собой список всего прикрепленного населения офиса врача общей практики или терапевтического участка, он интегрирован с электронными медицинскими картами каждого человека. При внесении медицинскими работниками любой организации, в которой пациент получил помощь, данных в электронную медицинскую карту, этот факт отражается в модуле «Бюджетирование». В конце каждого месяца после подачи реестров счетов на оплату здесь же появляется информация о стоимости той или иной медицинской услуги, которую получил человек. Таким образом, врач общей практики (терапевт участковый) видит, где, когда и какую помощь оказали его пациенту. У врача появляется возможность отследить логистику получения медицинских услуг лицами из числа прикрепленного населения, сделать определенные выводы, скорректировать свою работу (рис. 1).



ОГБУЗ "ГОРОДСКАЯ ПОЛИКЛИНИКА Г.БЕЛГОРОДА"
ОГБУЗ "ГОРОДСКАЯ ПОЛИКЛИНИКА Г.БЕЛГОРОДА" (ГП1)
N 2 / Медицинский округ №727
Лисовская Татьяна Олеговна
Период: 2020 год по состоянию на 14 января 2020 г.

KPI (год)	Пациент	Сумма,	% к плану
Мои услуги своим пациентам	12	11 233,20	3,51%
Услуги чужим пациентам	3	2 808,30	0,88%
Мои услуги всем пациентам	15	14 041,50	4,39%
Диспансеризация, проф. осмотры моим	0	0,00	
Услуги, оказанные другими врачами	64	119 315,57	-
входящие в подушевое финансирование	54	41 338,86	-
не входящие в подушевое финансирование	18	77 976,71	-

Плановый бюджет ОСВ (на год)

	Подушевой	Плановый	Заработано	Потери
Амбул.помощь	3 061,70	4 463 958,60	55 380,36	4 408 578,24
По подушевому финансированию	1 807,20	2 634 897,60	55 380,36	2 579 517,24
За подушевым финансированием	1 254,50	1 829 061,00	0,00	1 829 061,00
в т.ч.:				0,00
дисп, профосмотры	822,60	1 199 350,80	0,00	1 199 350,80
неотложная помощь	161,30	235 175,40	0,00	235 175,40
Дневной стационар	180,00	262 440,00	0,00	262 440,00
ИТОГО	3 241,70	4 726 398,60	55 380,36	4 671 018,24

Исполнение бюджета ОМС в среднеобластных нормативах (на год)

Вид помощи	Пациент	Норматив	Бюджет	Исполнение	Остаток
амбулаторно-поликлиническая помощь	1 458,00	4 379,30	6 385 019,40	55 380,36	6 329 639,04
дневной стационар	1 458,00	1 287,00	1 876 446,00	0,00	1 876 446,00
круглосуточный стационар	1 458,00	6 134,30	8 943 809,40	60 069,92	8 883 739,48
скорая помощь	1 458,00	704,30	1 026 869,40	0,00	1 026 869,40
содержание АУП	1 458,00	119,20	173 793,60	0,00	173 793,60
ИТОГО	1 458,00	12 624,10	18 405 937,80	115 450,28	18 290 487,52

Показатели / Срезы	Плановый подушевой	Фактически оказанные МНОЮ услуги						Оказанные ДРУГИМИ врачами,				
		Амбулаторно-поликлинические услуги				Дневной стационар	ИТОГО ЗАРАБОТАНО СРЕДСТВ	Амбулаторно-поликлинические услуги			Амбулаторно-по усл	
		входящие в подушевое финансирование		не входящие в подушевое финансирование				ВСЕГО	в т.ч. в моей медорг.	в т.ч. в других медорг.	ВСЕГО	в т. м мед
		По заболеванию	С проф. целью	Диспансеризация, проф. осмотры	Неотложная помощь							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ИТОГО	0,00	14 041,50	0,00	0,00	0,00	0,00	14 041,50	41 338,86	29 757,90	11 580,96	17 906,79	6
ИТОГО по прикрепленному населению: количество - 1458	0,00	11 233,20	0,00	0,00	0,00	0,00	11 233,20	41 338,86	29 757,90	11 580,96	17 906,79	6

Рис. 1. Модуль региональной медицинской информационной системы «Бюджетирование»
Fig. 1. Model of regional medical informational system «Budgeting»

Заключение

В рамках применения финансово-экономического механизма развития первичной медико-санитарной помощи в региональных медицинских организациях в течение 2019 года удалось обеспечить экономию средств в объеме 8 % внутри микробюджетов офисов врачей общей практики и терапевтических участков за счет снижения расходов:

- на диагностические услуги (при переоснащении в соответствии со стандартами и порядками рабочих мест врачей общей практики и терапевтов участковых

у этих специалистов появилась возможность самостоятельного проведения части диагностик);

- на медицинскую помощь, оказанную узкими специалистами;

- на содержание офисов общей врачебной практики, фельдшерско-акушерских пунктов за счет снижения расходов на коммунальные услуги после строительства новых энергоэффективных объектов и капитального ремонта существующих (в 2019 году экономия в среднем составила порядка 1 % от содержания всех офисов и ФАПов в регионе, в денежном эквиваленте – это около 3 млн руб.) [Тютин, 2019; Шейман, 2016].

Применение в регионе финансово-экономического механизма развития первичной медико-санитарной помощи, направленного на оптимальное использование имеющихся финансовых, материальных и кадровых ресурсов, приводит к положительному медико-экономическому эффекту и способствует приближению качественной медицинской помощи населению.

Список литературы

1. Акишкин В.Г, Квятковский И.Е., Путина С.А. 2014. Региональное здравоохранение в условиях институциональных преобразований: экономико-финансовый аспект. Волгоград: Волгоградское научное издательство. 276 с.

2. Баева А.А. 2017. Проблемы регионального управления в системе здравоохранения. Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. 6: 80–85.

3. Гусева С.В., Иванова Н.Г. 2016. Программное бюджетирование в сфере здравоохранения на региональном уровне. Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 1: 32–41.

4. Зубарева Н. Н. 2018. Организация стратегического управления в медицинских организациях области. Научные ведомости БелГУ. Сер.: Медицина. Фармация. 41 (4): 591–599.

5. Зубарева Н.Н. 2018. Проектное управление – основа совершенствования первичной медико-санитарной помощи в Белгородской области. Аналитический вестник Совета Федерации Федерального Собрания РФ. 7 (696): 10–22.

6. Кулакова Е.В. 2014. Финансовые ресурсы медицинских организаций. Основные принципы бюджетирования доходов и расходов. Здравоохранение. 4: 26–33.

7. Обухова О.В. 2012. Условия внедрения подушевого принципа финансирования первичного звена. Главврач. 2: 61–62.

8. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204. Справочная правовая система «Консультант Плюс». Разд. «Законодательство». Информ. банк «Эксперт-приложение».

9. Павлов К.В., Степчук М.А., Пинкус Т.М., Господынько Е.М. 2012. Влияние новых форм финансирования на эффективность оказания первичной медико-санитарной помощи. Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 7: 61–64.

10. Поляков М.В. 2015. Особенности подушевого финансирования амбулаторной помощи. Здравоохранение. 4: 20–25.

11. Степчук М.А., Пинкус Т.М., Павлов К.В. 2015. Развитие перспективных форм организации и финансирования первичного звена здравоохранения региона в условиях модернизации Российской экономики. Ижевск: Шелест. 355 с.

12. Стратегия социально-экономического развития Белгородской области на период до 2025 года: постановление Правительства Белгородской области от 25.01.2010 года № 27-пп: Справочная правовая система «Консультант Плюс». Разд. «Законодательство». Информ. банк «Эксперт-приложение».

13. Таймасханов Х.Э. 2013. Бюджетирование как метод управления ресурсами здравоохранения. Вопросы экономики и права. 2: 11–12.

14. Тютин Д.В. 2019. Развитие методик бюджетирования в системе здравоохранения. Вестник Евразийской науки. 3 (11). URL: https://esj.today/PDF/42ECVN319.pdf (дата обращения: 14.02.2020).

15. Шейман И.М. 2016. Проблемы перехода на подушевой принцип оплаты первичной медико-санитарной помощи. Вопросы государственного и муниципального управления. 4: 143–161.

References

1. Akishkin V.G., Kvyatkovsky I.E., Putina S.A. 2014. Regional healthcare in conditions of institutional transformations: economic and financial aspect. Volgograd: Volgograd scientific publishing house. 276 p. (in Russian)

2. Baeva A.A. 2017. Problems of regional management in the health care system. Education and science without borders: social and humanitarian Sciences. 6. Pp. 80–85. (in Russian)

3. Guseva S.V., Ivanova N.G. 2016. Program budgeting in the sphere of health care at the regional level. Saint Petersburg State Economic University Bulletin. 1. Pp. 32–41. (in Russian)

4. Zubareva N.N. 2018. Organization of strategic management in medical organizations of the region. Scientific Bulletin of BSU. Medicine. Pharmacy. 41 (4): 591–599. (in Russian)

5. Zubareva N.N. 2018. Project management – the basis for improving primary health care in the Belgorod region. Analytical Bulletin of the Federation Council of the Russian Federation's Federal Assembly. 7 (696): 10–22. (in Russian)

6. Kulakova E.V. 2014. Financial resources of medical organizations. Basic principles of income and expenditure budgeting. Health Care. 4. Pp. 26–33. (in Russian)

7. Obukhova O.V. 2012. Conditions for implementing the per capita principle of primary care financing. Chief Physician. 2. Pp. 61–62. (in Russian)

8. On national goals and strategic objectives of the Russian Federation for the period up to 2024: decree of the President of the Russian Federation dated 07.05.2018 No. 204. Reference legal system «Consultant Plus». «Legislation». Information Bank «Expert application». (in Russian)

9. Pavlov K.V., Stepchuk M.A., Pinkus T.M., Gospodynko E.M. 2012. Influence of new forms of financing on the effectiveness of primary health care. National interests: priorities and security. 7: 61–64. (in Russian)

10. Polyakov M.V. 2015. Features of per capita financing of outpatient care. Health Care. 2015. 4: 20–25. (in Russian)

11. Stepchuk M.A., Pinkus T.M., Pavlov K.V. 2015. Development of perspective forms of organization and financing of primary health care in the region in the conditions of Russian economy modernization. Izhevsk: Shelest, 2015. 355 p. (in Russian)

12. Strategy of social and economic development of the Belgorod region for the period up to 2025: resolution of the government of Belgorod. region No. 27-PP dated 25.01.2010. Legal system reference «Consultant Plus». Section: «Legislation». Information Bank «Expert application». (in Russian)

13. Taimaskhanov Kh.E. 2013. Budgeting as a method of managing health resources. Questions of Economics and Law. 2: 11–12. (in Russian)

14. Tyutin D.V., Lesina T.V. 2019. Development of budgeting methods in the health care system. Bulletin of Eurasian Science. 3 (11). Available at: https://esj.today/PDF/42ECVN319.pdf (access: 14.02.2020). (in Russian)

15. Sheiman I.M. 2016. Problems of transition to the per capita principle of payment for primary health care. Questions of state and municipal management. 4: 143–161. (in Russian)

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Зубарева Н.Н. 2020. Финансово-экономический механизм развития первичной медико-санитарной помощи (региональный опыт). Экономика. Информатика. 47 (1): 13–22. DOI:

Zubareva N.N. 2020. Financial and economic mechanism for the development of primary health care (regional experience). Economics. Information technologies. 47 (1): 13–22 (in Russian). DOI:

УДК 338
DOI

НЕФОРМАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА: СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАНАХ

INFORMAL ECONOMY: STATISTICAL ANALYSIS IN EUROPEAN COUNTRIES

А.И. Мясоедов, С.П. Иванова
A.I. Myasoedov, S.P. Ivanova

Московский государственный психолого-педагогический университет,
ул. Сретенка, д. 29, Москва, 127051, Россия

Moscow state psychological and pedagogical University,
29 Sretenka St, Moscow, 127051, Russia

Email: retvil@mail.ru, 76sivanova@mail.ru

Аннотация
Неформальная экономика может принимать такие формы, как: мошенничество или уклонение от уплаты налогов, утечка или злоупотребление преимуществами, подрабатывание, фискальные райские кущи, отмывание денег, деньги на наркотики и преступную деятельность, теневая банковская деятельность, офшорные центры, номерные счета. Неформальная экономика затрагивает все секторы экономики и является нападением на принципы, лежащие в основе нашей экономической и социальной модели. Подпольная экономика включает в себя легальную предпринимательскую деятельность, осуществляемую вне поля зрения органов государственной власти. В самом разгаре необъявленная экономика является большой частью общей экономики, и ее влияние на рост государств не является незначительным. К примеру, в Румынии незадекларированная экономика составляет 31,9% ВВП страны, и это оказывает существенное влияние на рост экономики.

Abstract
The informal economy can take such forms as: fraud or tax evasion, leakage or abuse of benefits, moonlighting, fiscal Paradise, money laundering, money for drugs and criminal activities, shadow banking, offshore centers, numbered accounts. The underground economy includes legal business activities carried out outside the field of view of public authorities. At its peak, the undeclared economy is a large part of the overall economy, and its impact on the growth of States is not insignificant. For example, in Romania, the undeclared economy accounts for 31.9% of the country's GDP, and this has a significant impact on economic growth.

Ключевые слова: неформальная экономика, незадекларированная экономика.
Keywords: informal economy, undeclared economy.

Введение

В самом широком смысле неформальная экономика охватывает всю торговлю товарами и услугами. Явление, нарастающее и тревожное, затрагивает как физических, так и юридических лиц (компании и объединения). Однако не нужно рассматривать неформальную экономику как замкнутый мир, оторванный от формальной экономики; две экономики – формальная и неформальная – взаимосвязаны: компании в формальной экономике иногда передают часть своей деятельности на аутсорсинг компаниям, которые нанимают незадекларированных сотрудников, и так далее. Эти слова являются иллюстрацией мира, который обманывает или играет с законностью, чтобы избавиться от налогов, социальных взносов или максимизировать свою прибыль [Horodnic et al., 2017].

Утверждение о том, что неформальная экономика кормит мир экономики и финансов, справедливо, тем более что мошеннические схемы более сложны, чем межведомственный циркуляр о выполнении Европейского плана по борьбе с нелегальной работой [un.org, 2019]. Она может быть исключительно локальной, организованной на национальном уровне, или опираться на международные сети, иногда придающие ей глобальный характер. По данным части европейских стран, незадекларированная экономика представляет собой переменную часть ВВП [Godfrey, 2015].

Его последствия также качественно и количественно изменчивы в зависимости от преобладающих экономических и финансовых структур. Например, в странах, где сбор налогов низок или отсутствует социальная защита, они не такие, как в тех, где государственные доходы основаны на налогах или социальной защите высокого уровня. В европейских странах, которые попадают во вторую категорию, с, безусловно, заметными вариантами, подпольная экономика лишает государственные счета (государство, социальное обеспечение) доходов за счет сокращения налоговой базы, создает ситуации недобросовестной конкуренции для бизнеса, вызывает личную незащищенность и потерю прав, а также правовую неопределенность для пользователей или потребителей [Cling et al., 2018].

Незадекларированная экономика часто определяется как группа видов деятельности, которые либо находятся вне контроля государства с точки зрения юридических обязательств, либо являются уголовно наказуемыми, т. е.:

- незаконная деятельность при нарушении определенных норм, таких как минимальная заработная плата, законное рабочее время, условия труда и техники безопасности или уклонение от уплаты налогов, взносов или соблюдения административных или таможенных формальностей полиции; но также, это не является незначительным, чтобы произвести дополнительный доход прожиточного минимума, в дополнение к социальной помощи, или низкой заработной платы (срочный, неполный рабочий день, таймшеринг). В последнем случае речь идет не об оправдании незаконных действий, а об их объяснении или понимании;
- незаконная деятельность, которая включает производство товаров или услуг и их продажу, распространение или владение продуктами, запрещенными законом, отмывание денег или финансирование незаконной деятельности, или осуществление законных действий в результате действий производителей, которые не имеют на это права [Danielsson, 2018].

ОЭСР предлагает разделить ненаблюдаемую экономику, которая не может быть полностью ассимилирована с незадекларированной экономикой, на четыре категории:

- подпольное производство, которое включает в себя деятельность, которая является производительной и законной, но преднамеренно удалена от государственных органов, чтобы избежать уплаты налогов или соблюдения конкретных правил;
- незаконное производство: производственная деятельность, производящая товары и услуги, запрещенные законом или являющиеся незаконными, когда они осуществляются производителями, не имеющими на это полномочий;
- производство в неформальном секторе: производственная деятельность, осуществляемая некорпорированными предприятиями, принадлежащими домашним хозяйствам, которые не зарегистрированы или имеют меньший размер активов и которые имеют рыночную продукцию;
- производство домашних хозяйств для собственного потребления: производственная деятельность, результатом которой является потребление или накопление товаров и услуг домашними хозяйствами, которые их производят. Этот феномен не может быть ассимилирован с предыдущими [Danielsson, 2018].

Совсем недавно в исследовании подпольной экономики [Horodnic et al., 2017] было предложено следующее определение: «Подпольная экономика включает в себя легальную предпринимательскую деятельность, осуществляемую вне поля зрения органов

государственной власти. Эти виды деятельности делятся на две категории, которые обычно встречаются в Европе. С одной стороны, скрытая работа включает заработную плату, которую работники и работодатели не декларируют государственным органам, чтобы избежать налогов, взносов или формальностей; с другой стороны, занижение отчетности о доходах, чтобы ограничить налогообложение. Подпольная экономика не включает в себя незаконную деятельность или бытовые преступления, или деятельность, о которой по закону не нужно сообщать». [Schneider, с. 34].

Мы предлагаем использовать эту концепцию, которая соответствует первой категории руководства ОЭСР, или подземному производству, и на которую опирается Европейская комиссия [OECD, 2018].

Однако разграничение понятия не сглаживает традиционных проблем оценки подземной добычи. В соответствии с понятием, когда предприятие неизвестно или оно занимается оккультной деятельностью, сложно проводить оценки: это также один из случаев, когда законодатель был самым суровым с момента увеличения срока давности до 10 лет (Boels, 2018). Мы выделяем:

- прямые методы, основанные на расследованиях или контроле фискальной администрации: они позволяют глубоко изучить практику и индивидуальное поведение мошенников, а также уровень соблюдения законов и важность основных факторов влияния; с другой стороны, их часто подозревают в умалении значимости явления, и они не обеспечивают совершенной сопоставимости между странами;
- косвенные подходы, основанные на сопоставлении экономических агрегатов, таких как Национальные счета, потребление электроэнергии и операции с наличностью; как правило, они дают усиленный результат;
- специальный метод, называемый «мимическим», основан на анализе причинно-следственных факторов и эволюции целевых показателей [Ledeneva, 2018].

Все эти методы дают очень сложные результаты, которые требуют тщательного анализа; таким образом, для данной страны оценки могут варьироваться. Нет совершенного метода, даже если прямые методы позволяют проводить больший анализ поведения: основное внимание уделяется их параллельному использованию и сравнению результатов [Леденева, 2018].

Методология исследования

Методы, используемые в подходе данного исследования, являются эмпирическими. Для анализа использованы различные источники научной литературы и отчеты, касающиеся незадекларированной европейской экономики. Основная цель исследования – оценка уровня незадекларированной европейской экономики, которая может помочь в разработке новых стратегий, направленных на борьбу с этой формой нелегальности.

Полученные данные

Скрытая работа, будь то черная, полностью освобожденная от обязательств по отчетности, или серая, является широко распространенным видом мошенничества в Европе. В самом деле, согласно специальному выпуску Eurobarometer, 4 % европейцев сообщают о том, что в течение предыдущего года они занимались незаявленной деятельностью за пределами своей работы, а 11 % признают, что покупали товары или услуги предоставляемые нелегально. По данным Еврокомиссии, значение теневой экономики составит от 7 до 16 % ВВП ЕС, или от 7 до 19 % от общего числа заявленных рабочих мест. В приведенном выше исследовании ООН подсчитала, что подрабатывание и сокрытие доходов соответствует двум третям и одной трети от общего объема, рассчитанного для незадекларированной экономики [OECD, 2018].

С учетом резервов, выставленных выше, в странах Европейского Союза в 2013 году подпольная экономика будет составлять примерно 18,9 % от активности или 2,1 трлн евро. Австрия имеет самую низкую (7,6 %) долю незадекларированной экономики по сравнению с ее ВВП, а Болгария имеет самый высокий показатель (31,9 %). Такие страны, как Германия, Великобритания и Франция находятся в верхней части списка стран с самой

низкой долей незадекларированной экономики (среди Австрии, Нидерландов, Ирландии, скандинавских стран), значительно опережая страны, где она является наиболее важной (Болгария, Румыния, Греция, Италия) [OECD, 2018].

В Италии, по оценкам Евростата, опубликованным в июле 2018 года, объем незадекларированной экономики вне административных рамок составит от 255 до 275 млрд евро в 2017 году, что составляет от 16,3 до 17,5 % ВВП. Можно сказать, что размер незадекларированной экономики увеличивается по мере перемещения из Северо-Западной Европы в Юго-Восточную Европу. Следует подчеркнуть, что Швейцария является хорошим примером, поскольку доля незадекларированной экономики составляет всего 7 % ВВП.

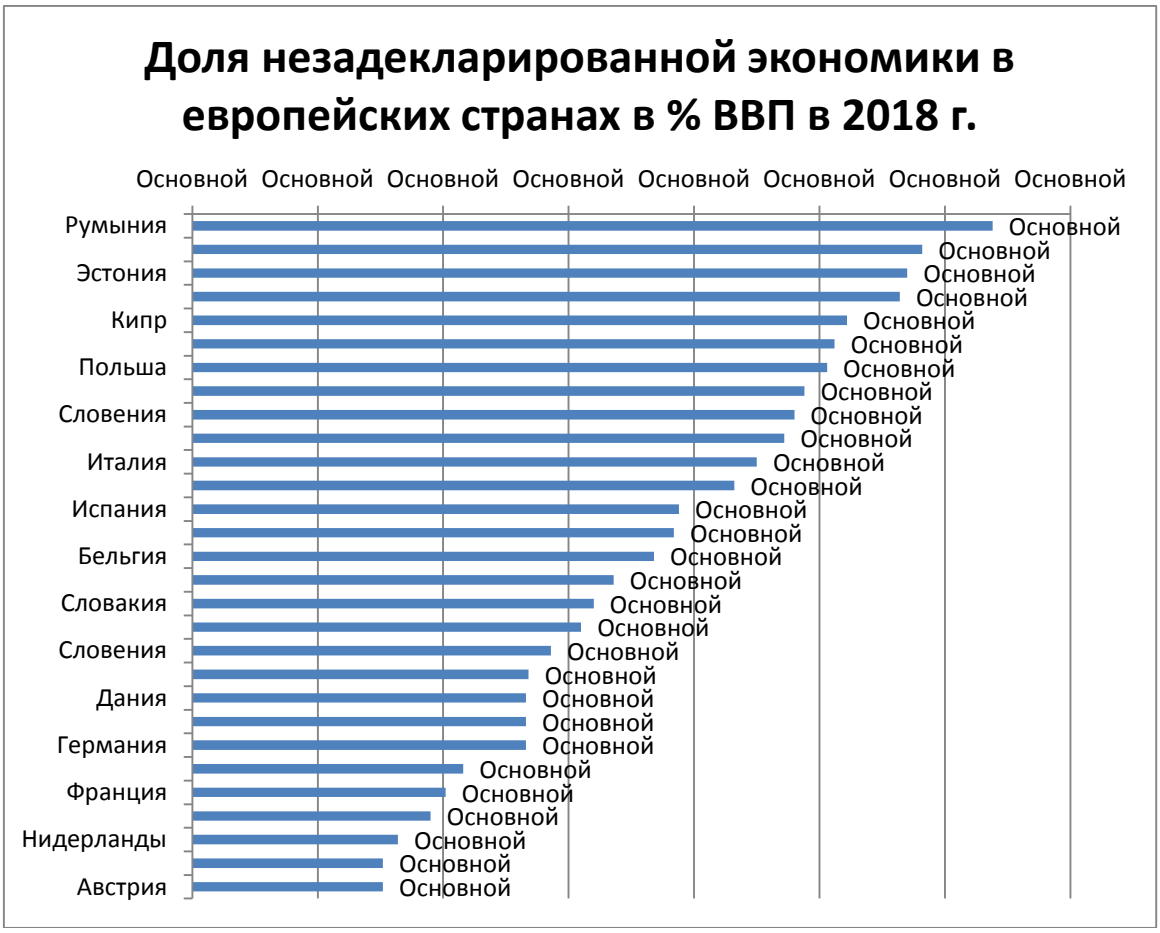


Рис. 1. Доля незадекларированной экономики в европейских странах в % ВВП в 2018 г.
Fig. 1. Share of undeclared economies in European countries in % of GDP in 2018

Основные оценки незадекларированной экономики (по налоговой декларации и незадекларированной работе) сходятся к уровням, которые часто достигают 10 % ВВП в западных странах, приближаясь к 50 % в развивающихся странах, чтобы превысить этот уровень. На международном уровне считается, что незадекларированная экономика будет весить несколько меньше, чем экономика США. Однако следует признать, что, несмотря на международные усилия по гармонизации, особенно в рамках так называемой статистической группы Дехли, статистические данные очень легко сопоставимы между странами. По данным ОЭСР, 1,8 млрд человек во всем мире будут работать без контракта и социального обеспечения.

В долгосрочной перспективе наблюдается тенденция к снижению удельного веса сектора в ВВП, что, в частности, отражает внедрение прогрессивно более эффективных систем управления масштабами, развитие систем социальной защиты, гарантирующих минимальные доходы. Неудивительно, что среди европейских стран, наиболее

подверженных теневой экономике, есть страны с самой высокой экономической отсталостью по сравнению со средним показателем по ЕС.

Однако следует отметить, что в то время как долгосрочная тенденция носит обратный характер, мы наблюдаем влияние кризиса 2008 года. Такие факторы, как замедление экономического роста, вызванное финансовым кризисом и последовавшей за ним политикой жесткой экономии, рост безработицы, стагнация покупательной способности – все это возможные объяснения.

Микроэкономические факторы

Причины, управляющие развитием скрытой работы, хорошо известны, и финансовый аспект остается решающим. Прежде всего, это вопрос абсолютной необходимости или желания увеличить свои ресурсы и, для других, сократить свои расходы. Преследуемая цель заключается в снижении прямых издержек (заработная плата, социальные взносы) или косвенных (социальные или экологические нормы), связанных с желанием выйти из правового обязательства. С этой точки зрения механика та же, что и для черного рынка: мы наблюдаем увеличение черного рынка, когда накладываются правила, соблюдение которых составляет непропорциональную стоимость для компании.

Стимул к обману силен с обеих сторон участников процесса:

- потребность в увеличении своих доходов, как и императив избегания пагубного порога, приводят к привилегированному отказу от декларирования дополнительных доходов;
- желание избежать чрезмерной ставки сбора может привести к аналогичным последствиям из-за занижения отчетности о доходах. С этой точки зрения можно выделить два типа незадекларированной экономики: первая, которая построена на желании увеличить свои доходы, производить по более низкой цене, обходя правовые положения, и вторая, которая основана на эксплуатации уязвимых людей, безработных и нелегальных мигрантов;
- положения, обеспечивающие защиту работников или потребителей, стандарты, касающиеся качества продукции, которые также могут иметь последствия для здоровья, или правила, гарантирующие безопасность окружающей среды в целом и т. д.

Следует также отметить последствия развития цифровой экономики, которая опирается на большую рабочую силу, находящуюся перед компьютером:

- молодые творцы нанимают все больше и больше стажеров вокруг цифровой экономики в инкубаторах, пространствах для коворкинга, и существует специфическая пористость между юридическим статусом и неформальным статусом наемных работников в условиях, которые не соответствуют правилам. Распространение сайтов, которые напрямую связывают вакансии и запросы на услуги, также является фактором, способствующим развитию незадекларированной экономики.

Макроэкономический фактор

Возникновение и развитие незадекларированной экономики объясняют такие макроэкономические факторы, как экономическая ситуация, уровень безработицы и уровень налога:

- в условиях массовой безработицы, которая создает конкуренцию между соискателями и побуждает их быть менее требовательными к условиям труда;
- экономический кризис, который подавляет активность и затемняет горизонт бизнеса, создавая потребность в гибкости работодателей;
- налоги и отчисления, повышающие стоимость труда и снижающие заработную плату работников, создающие общий финансовый интерес для скрытой работы;
- бедность, объясняющая привлекательность для работодателя, которая позволяет составлять быстрый и неограниченный доход от существования;

- конкуренция, которая может повлиять на результаты деятельности предприятия, или даже глобализация торговли и промышленности, которая обостряет международную конкуренцию в незащищенных секторах.

Опрос Eurobarometer за март 2019 года показывает, что основными причинами, приводимыми для осуществления незадекларированной деятельности, являются: трудность поиска задекларированной работы (21 %), высокий уровень налогов и взносов (16 %), отсутствие других источников дохода (15 %); и обращение к распространенной практике в секторе или регионе, которая затрудняет поиск альтернативы (14 %) [Eurostat.eu, 2019].

Существует корреляция с уровнем безработицы, что не может удивлять: работники испытывают потерю дохода, которую они пытаются компенсировать, а также интенсивная конкуренция между работниками на рынке труда позволяет работодателям навязывать условия. В то же время в краткосрочной перспективе нестабильные работники первыми страдают от экономического спада и снижения активности.

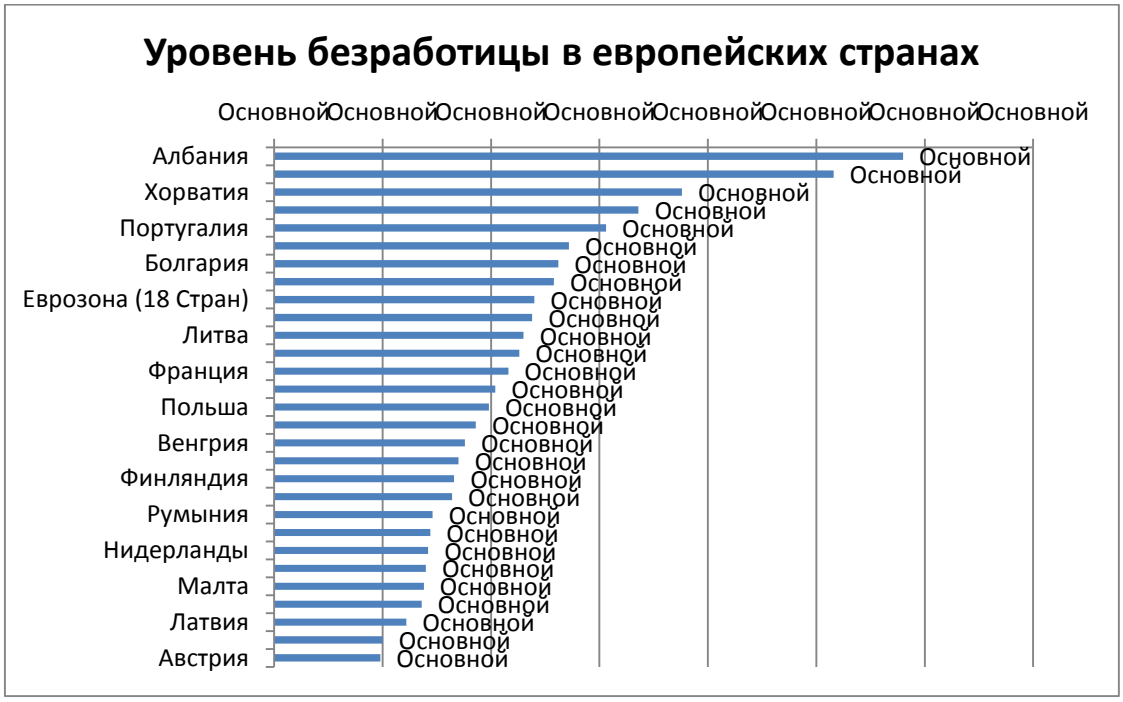


Рис. 2. Уровень безработицы в европейских странах
Fig. 2. Unemployment Rate in European countries

В 1990-е годы на международном уровне глобализация способствовала развитию неформальной рабочей силы. МОТ отмечает, что в то время как глобализация создает новые рабочие места и новые рынки, не все из этих рабочих мест являются хорошими, и эти новые рынки не могут предоставить возможности для наименее преуспевающих производителей [ilo.org, 2019]. Международная конкуренция меняет отношения между работодателями и работниками и подталкивает компании нанимать низкооплачиваемых работников или отдавать производство на аутсорсинг. В любом случае причины возникновения подпольной экономики зависят от того, как организованы общества.

Заключение

В 1983 году многие страны высказали свое мнение относительно теневой экономики. Ситуация мало изменилась, и причины остаются такими же, как и последствия, даже если, с одной стороны, формы, принятые нелегальными рабочими, смогли эволюционировать (отсутствие предварительной декларации, торг, незаконный заем рабочей силы, симулирование деятельности, прием на работу иностранцев без титула). Присвоение

статуса самостоятельного предпринимателя, мошенническое внедрение нормативной базы по размещению работников, усложнение механизмов или даже институционализация мошенничества и, с другой стороны, усиление законодательства (ответственность начальников, финансовые и административные санкции, уточнение обязанностей по контролю и т. д.).

Во время экономических спадов важность незадекларированной экономики бросает тусклый свет на социальный консенсус: стремление к прибыли любой ценой, отказ от участия в восстановлении государственных счетов, отказ от участия в финансировании прав, приобретаемых всеми. Также следует помнить о сложности регулирования, которое может препятствовать декларированию.

Нагромождение нормативных текстов не объясняет подпольную экономику в целом, но это один из факторов, на который должны действовать органы государственной власти: работа по упрощению должна продолжаться, но не должна быть предлогом для дерегулирования или ослабления стандартов.

Бедность, отчуждение, массовая безработица обеспечивают послушную рабочую силу для недобросовестных работодателей: ответ на развитие незадекларированной экономики, следовательно, также требует осуществления инклюзивной макроэкономической политики. Следует также отметить, что незадекларированная экономика основана на культурных практиках: приверженности социальной модели, привязанности к индивидуальной свободе и стимулированию труда.

Поэтому борьба с необъявленной экономикой должна сочетать в себе повышение осведомленности и предотвращение, усиление и эффективное применение санкций, нацеленность на усиление контроля и более четкое определение механизмов взаимодействия между ними. В то время, когда восстановление государственных счетов рассматривается политиками как приоритет, справедливость требует, чтобы усилия распределялись надлежащим образом и, в частности, чтобы никто не мог избежать их с помощью юридически предосудительного поведения.

Список литературы

1. Boels, Dominique, 2018. The Informal Economy: Seasonal Work, Street Selling and Sex Work, Berlin: Springer.
2. Cling, Jean-Pierre, Lagrée, Stéphane, Roubaud, Franois, Razafindrakoto, Mireille, 2018. The Informal Economy in Developing Countries, Abingdon: Routledge.
3. Daka, Ephraim, 2018. Innovation, the Informal Economy and Development, London: Glimmer Publishing.
4. Danielsson, Anna, 2018. Informal Economies and Power, Abingdon: Routledge.
5. Godfrey, Paul, 2015. Management, Society and the Informal Economy, Abingdon: Routledge.
6. Horodnic, Ioana, Rodgers, Peter, Colin, Williams, Momtazian, Legha, 2017. The Informal Economy: Exploring Drivers and Practices, Abingdon: Routledge.
7. Ledeneva, Alena, 2018. Global Encyclopaedia of Informality - Volume 2, London: UCL Press.
8. OECD, 2018. States of Fragility 2018, Paris: OECD Publishing.
9. OECD, 2018. OECD Rural Policy Reviews: Poland 2018, Paris: OECD Publishing.
10. OECD, 2018. OECD Compendium of Productivity Indicators 2018, Paris: OECD Publishing.
11. Ramadani, Veland, Dana, Léo-Paul, 2017. Informal Ethnic Entrepreneurship: Future Research Paradigms for Creating, Berlin: Springer.
12. Schneider, Friedrich, 2018. Size, Causes and Consequences of the Underground Economy, Abingdon: Routledge.
13. Williams, C., Colin, 2017. Entrepreneurship in the Informal Sector: An Institutional Perspective, Abingdon: Routledge.

References

1. Boels, Dominique, 2018. The Informal Economy: Seasonal Work, Street Selling and Sex Work, Berlin: Springer.

2. Cling, Jean-Pierre, Lagrée, Stéphane, Roubaud, Franois, Razafindrakoto, Mireille, 2018. The Informal Economy in Developing Countries, Abingdon: Routledge.

3. Daka, Ephraim, 2018. Innovation, the Informal Economy and Development, London: Glimmer Publishing.

4. Danielsson, Anna, 2018. Informal Economies and Power, Abingdon: Routledge.

5. Godfrey, Paul, 2015. Management, Society and the Informal Economy, Abingdon: Routledge.

6. Horodnic, Ioana, Rodgers, Peter, Colin, Williams, Momtazian, Legha, 2017. The Informal Economy: Exploring Drivers and Practices, Abingdon: Routledge.

7. Ledeneva, Alena, 2018. Global Encyclopaedia of Informality - Volume 2, London: UCL Press.

8. OECD, 2018. States of Fragility 2018, Paris: OECD Publishing.

9. OECD, 2018. OECD Rural Policy Reviews: Poland 2018, Paris: OECD Publishing.

10. OECD, 2018. OECD Compendium of Productivity Indicators 2018, Paris: OECD Publishing.

11. Ramadani, Veland, Dana, Léo-Paul, 2017. Informal Ethnic Entrepreneurship: Future Research Paradigms for Creating, Berlin: Springer.

12. Schneider, Friedrich, 2018. Size, Causes and Consequences of the Underground Economy, Abingdon: Routledge.

13. Williams, C., Colin, 2017. Entrepreneurship in the Informal Sector: An Institutional Perspective, Abingdon: Routledge

Ссылка для цитирования статьи
Reference to article

Мясоедов А.И., Иванова С.П. 2020. Неформальная экономика: статистический анализ в европейских странах. Экономика. Информатика. 47 (1): 23–30. DOI:

Myasoedov A.I., Ivanova S.P. 2020. Informal economy: statistical analysis in European countries. Economics. Information technologies. 47 (1): 23–30 (in Russian). DOI:

УДК 332.01, 332.05
DOI

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УРОВНЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

THE MAIN PROBLEMS OF ENSURING THE LEVEL OF ECONOMIC SECURITY OF THE REGION IN THE DIGITAL ECONOMY

О.Н. Сошина
O.N. Soshina

АНОО ВО «Водная Академия», Россия, 191167, Чернорецкий пер., д. 4–6, лит. А, Санкт-Петербург

«Water Academy», 4-6 Chernoretsky Ln, lit. A, St. Petersburg, 191167, Russia

E-mail: olga.soshina@bk.ru

Аннотация
В работе проведен анализ основных проблем обеспечения и анализа уровня экономической безопасности региона при цифровизации экономики. Охарактеризован основной инструментарий индикаторов экономической безопасности региона. Предложен новый подход к содержанию экономической безопасности региона с учетом специфики развития цифровой экономики и реализации обеспечения цифровой экономической безопасности региона, цифровой безопасности. Обозначена роль индикаторов правовой безопасности, информационной безопасности и кадровой безопасности в региональной цифровой экономике. Представлен анализ социально-экономического развития Северо-Западного Федерального округа и показаны основные серьезные дисбалансы развития данного региона.

Abstract
The paper analyzes the main problems of ensuring and analyzing the level of economic security of the region with the digitalization of the economy. The main toolkit of indicators of economic security of the region is characterized. A new approach to the content of the economic security of the region is proposed taking into account the specifics of the development of the digital economy and the implementation of the digital economic security of the region, digital security. The role of indicators of legal security, information security and personnel security in the regional digital economy is indicated. The analysis of the socio-economic development of the North-West Federal District is presented and the main serious imbalances in the development of this region are shown.

Ключевые слова: экономическая безопасность региона, кадровая безопасность, цифровая безопасность, правовая безопасность, цифровая экономика, умный город, региональная экономика, Северо-Западный Федеральный округ, цифровая экономика, цифровая безопасность.
Keywords:economic security of the region, personnel security, digital security, legal security. digital economy, smart city, regional economy, Smart city, Northwestern Federal District, digital economy, digital security.

Введение

Цифровизация национальной экономики, стабильное динамичное устойчивое экономическое развитие регионов ставит задачи эффективного государственного управления и требует разработки и построения новых архитектур экономики, анализа системы индикаторов оценки экономической безопасности на региональном и национальном уровнях.

Вместе с тем происходящие процессы модернизации и конституциональные изменения в России так же обуславливают необходимость обеспечения эффективной

системы экономической, правовой, экологической, кадровой, информационной и цифровой безопасности на всех уровнях государственного управления.

Социально-экономическое развитие народно-хозяйственного комплекса в современной экономической системе определяется уровнем развития науко-технологического процесса и цифровизацией всех уровней экономической системы государства.

Новые требования к развитию российской экономики, освоение и развитие современных инновационных технологий ставят также новые задачи для сферы городского и территориального развития. В связи с этим переход и пересмотр основных концепций к управлению городским развитием с учетом цифровизации и платформизации предполагает инновационную эффективную интеграцию отдельных элементов городской инфраструктуры. Интенсивный процесс формирования агломераций, конурбаций, мегаполисов, урбанизованных регионов предусматривает необходимость снижения экономических рисков и угроз в развитии экономики регионов. Развитие «умного» региона предполагает высокий уровень и качество жизни населения [Проектный офис «Умный Санкт-Петербург»], где данную концепцию отражает понятие Smartcity.

Основные результаты исследования

Региональное развитие представляет собой сложный многогранный процесс, состоящий из социально-экономического, этнического, кадрового, информационного и многих других аспектов развития экономической системы региона. Реализация региональной цифровой экономики предполагает рассмотрение вопроса новых индикаторов информационной безопасности и кадровой безопасности. Наряду с этим, сама реализация стратегии развития в концепции умный устойчивый город (smartsustaiblecity, SSC), согласно ITU, представляет собой инновационный город с соответствующей квалификацией специалистов и работников, реализующих на практике данную концепцию развития города [SmartCity, 2020].

Вместе с тем в части важнейших составляющих программы SmartCity с точки зрения системного подхода, выделяются следующие подсистемы, такие как интеллектуальная транспортная система (ИТС), которая оптимизирует движение транспорта путем отображения дорожной ситуации на уличных информационных панелях и смартфонах пользователей, подсказывает им оптимальный маршрут и несет в себе множество других полезных функций; геоинформационная (ГИС) – служит общей «географической подложкой» для всех подсистем SmartCity. Далее, подсистема – Электронная полиция (ePolice), Электронное образование (eEducation) и Электронное здравоохранение (eHealth).

В настоящее время согласно программе реализации «цифрового перехода» в российской экономике особым вопросом является не только решение целого комплекса задач, начиная от формирования единой национальной системы стандартов цифровой экономики и разработки модельных архитектур, но и фактическим внедрением профильных образовательных программ, ориентированных на подготовку специалистов «цифрового перехода» в системе высшего и среднего специального образования. Конкуренция на формирующихся рынках труда и бизнеса предполагает значительный уровень квалификации, высокоинтеллектуальный потенциал кадров, способных вносить идеи и инновации в бизнес и в развитие экономики региона.

Для эффективной работы SmartCity необходима глубоко интегрированная система, включающая ряд составляющих и способствующая развитию экономической безопасности регионов.

Схематично основные составляющие системы с учетом развития стратегических задач экономики региона представлены на рисунке 1.

Рис. 1. Обеспечение экономической безопасности региона при цифровизации экономики
Fig. 1. Ensuring the economic security of the region and digitalization of the economy

Нет большого смысла реализовывать такие проекты частично отдельными регионами, что и происходит в настоящее время, необходима выработка и реализация общей концепции цифровизации экономической жизни региона, SmartCity, в которой будут учтены как текущие потребности населения, различных городских служб, среднего и малого бизнеса, перспективы развития с учетом всех внешних факторов и региональных стратегий развития экономики региона. В связи с тем, что в реализации концепции Умный регион и Умный город необходим комплексный подход, обозначим основные проблемы современной региональной экономической безопасности в целом. В настоящее время представлено множество структурных моделей региональной экономической безопасности. Это и вертикальные модели и горизонтальные. В общем виде экономическая безопасность региона рассматривается как подсистема национальной безопасности.

Фундаментом развития любого региона является обеспечение устойчивого развития и обеспечение экономической безопасности. Принято проводить оценку, анализ уровня развития региона и применять основные две группы показателей.

Первые – это констатирующие индикаторы, на базе которых диагностируется общее состояния региона и выполняется анализ глубины деградации структуры хозяйства и снижения динамики развития.

Вторые, так называемые индикаторы «потенциала роста», демонстрирующие внутренние возможности по преодолению депрессивного состояния или отсталости за счет резервов и доступных средств, а также наличие потенциальных точек роста и импульсов, которые могут дать возможность для обоснования необходимости в федеральной помощи. Оценка экономической безопасности региона предполагает анализ уровня социальной и экономической нестабильности в конкретном регионе. И в основном главным фактором оценки является производственный потенциал региона.

Однако теоретически и практически меры государственного регулирования экономического развития регионов всегда различаются от особенностей национальной экономики и принятой исторически сложившейся модели оценки экономики. Практически применяемая модель стимулирования экономического развития отсталых регионов все равно приводит к дисбалансу в структуре экономики государства.

К специальным индикаторам социально-экономической напряженности относят те индикаторы, которые отражают прежде всего уровень безработицы и преступности, далее политическую обстановку, межнациональные проблемы, состояние экологии, потребительского рынка, показатель индекса цен на потребительскую и продовольственную продукцию, доходы населения, присутствие дополнительных факторов, способствующих росту социально-экономической напряженности. Для депрессивных и отсталых регионов индикаторы напряженности играют решающую роль при обосновании запросов на их поддержку.

Экономическая безопасность региона является многоаспектным понятием, и для ее оценки необходимо учитывать влияние факторов, относящихся к различным отраслям экономики, а также политической и культурной сфер [Морозов, Асмус, Жигалова, 2019]. Одновременно с учетом проблем регионов требуется переосмысление и переоценка индикаторов экономической безопасности, также цифровизация вносит новые индикаторы оценки, предполагает развернутый анализ инвестиционного потенциала, инноваций, анализ науко-технологической базы регионов и многих других факторов и индикаторов при оценке угроз и рисков.

Так же, как представлено на рисунке 2., эффективность правовых институтов является системообразующим критерием, но в настоящее время, с учетом формирования концепции «Умный город», данных факторов уже недостаточно – появляется потребность в разработке понятия, инструментария «цифровая безопасность», «цифровая экономическая безопасность».

На рис. 2 показан один из немногих подходов к оценке экономической безопасности региона.

Можно обозначить и выделить основные проблемы.

Во-первых, современный мир требует все большей специфики в региональном развитии, например: слабо сформированная региональная стратегия, не доработанная в своей концепции с учетом миграционных потоков, экологической безопасности региона, уровня развития инфраструктуры, кадровой безопасности, приводит не просто к дисбалансу, а к проблемам экономического развития. Сейчас региональная политика является «слепком» единой политики, при этом если в одном регионе инфраструктура и логистические системы развиты, то, возможно, развитие должно учитывать не только общую концепцию, но и «слабые места», специфику конкурентоспособности регионов.

То есть развиваться в рамках единой политики и поставленных национальных задач, но реализовывая данное развитие, учитывать все экономические и социальные риски конкретного региона, что требует одновременно и унификации индикаторов оценки экономической безопасности, и дополнительных индикаторов для отсталых регионов. Ведь, возможно, развитие и цифровизации в «бедном» регионе при отсутствии системы водоснабжения деревень, неразвитой логистической системы заслуживает более серьезного и комплексного подхода и единой национальной системы мониторинга регионов по внедрению, реализации и дополнительных индикаторов экономического роста региона [Кузнецова, 2020].

Во-вторых, вместе с тем региональный принцип развития экономики должен создать единую экономическую инфраструктуру, объединяющую регионы в развитую систему как внутри региона, так и с соседними, обеспечивая потребности в целом общей национальной системы безопасности.

В-третьих, урбанизация требует дополнительного анализа в перспективе регионального развития, более точных факторов развития регионов с учетом динамики и миграции рабочей силы, это затрагивает и налоговые поступления, и социальную напряжённость в регионах.

В-четвертых, региональные власти не имеют достаточного самостоятельного инструментария управления региональным развитием и мониторингом.

Далее рассмотрим Северо-Западный Федеральный округ (далее СЗФО), который выступает сформировавшимся социально-экономическим пространством, объединенным природными, экономическими, демографическими, геополитическими и другими факторами.

Рис. 2. Основные общепринятые критерии оценки экономической безопасности региона
Fig. 2.Themaingenerallyacceptedcriteriaforassessingthe economic security of a region

На его территории формируется региональная социально-экономическая система, включающая инфраструктурные объекты государственного уровня, которые обеспечивают удовлетворение потребностей регионов РФ, включая субъекты, расположенные в Северо-Западном ФО.

В области хозяйственно-экономического, социального и пространственного развития для СЗФО характерны общегосударственные тенденции, которые наблюдаются в последние двадцать лет. Это относится к институциональным преобразованиям, экспортной ориентированности субъектов экономической деятельности и формированию новых направлений экономики.

Сегодня характерной чертой СЗФО является усиление неравномерности развития отдельных территориальных образований и субъектов РФ. Среднемесячная заработная плата в Санкт-Петербурге в 2,5 раза превышает среднюю зарплату населения Псковской области, в 3 раза – Новгородской области, а ввод в эксплуатацию жилья в этих регионах в перерасчете на одно жителя отличается даже в четыре раза в пользу Санкт-Петербурга. В некоторых населенных пунктах значительно снизилась обеспеченность населения рабочими местами, расположенными в местности основного проживания, например: г. Ку́дрово в Заневском городском поселении Всеволожского района Ленинградской области, где 98 % местных жителей соответственно работают в Санкт-Петербурге. Конечно, это связано с географией данного поселения, но развитие Ленинградской области предполагает обеспечение рабочими местами по месту жительства.

Таблица 1
Table 1

Численность безработных в возрасте 15–72 лет в СЗФО, 2019 г., тыс. человек
The number of unemployed people aged 15–72 years in the NWFD, 2019, thousand people

СЗФО	1 квартал, 2019 г.	2 квартал, 2019 г.	3 квартал, 2019 г.
Республика Карелия	30,183	27,392	27,037
Республика Коми	40,443	34,786	32,005
Архангельская область	42,177	37,992	36,764
в том числе: Ненецкий автономный округ	1,994	1,779	1,798
Архангельская область без авт. округа	40,182	36,213	34,966
Вологодская область	40,203	30,91	29,266
Калининградская область	31,468	26,873	24,665
Ленинградская область	44,297	45,096	39,784
Мурманская область	34,334	30,905	28,952
Новгородская область	15,613	14,936	13,017
Псковская область	22,3	20,81	18,154
г.Санкт-Петербург	49,768	50,298	44,67

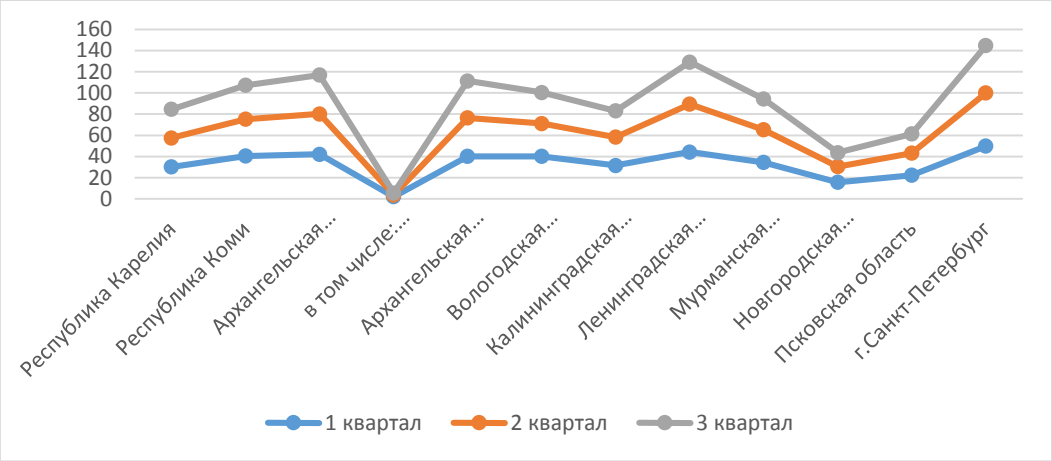


Рис. 3. Динамика численности безработных в возрасте 15–72 лет в СЗФО, 2019 г., тыс. человек
Fig. 3. Dynamics of the number of unemployed persons aged 15–72 in the Federal District, 2019, thousand people

Таблица 2
Table 2

Средняя зарплата согласно Росстат в СЗФО, 2019 г.
Average salary according to Rosstat in the NWFD, 2019

СЗФО	2019 г., руб.
Республика Карелия	41080
Республика Коми	48 900
Архангельская область	46200
Вологодская область	37844
Калининградская область	33173
Ленинградская область	39000
Мурманская область	57074
Новгородская область	23088
Псковская область	26469
г. Санкт-Петербург	63890

Анализ современной экономической ситуации в Северо-Западном Федеральном округе демонстрирует существование серьезных дисбалансов в развитии, основными среди которых являются:

1. Устоявшаяся система подготовки кадрового потенциала совершенно не соответствует новым тенденциям спроса на рабочую силу (отдельно стоит выделить Федеральный проект «Кадры для цифровой экономики» направленный на достижение цели, определенной Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 в части решения задачи «по обеспечению подготовки высококвалифицированных кадров для цифровой экономики. В соответствии со «Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации», который ставит своими задачами прежде всего обеспечение развития технологий электронного взаимодействия граждан, обеспечение электронного и дистанционного образования населению);
2. Социальная, профессиональная и ценностная ориентированность граждан не соответствуют современному спросу народного хозяйства на квалифицированные рабочие места;
3. Карта расположения рабочих мест в округе (включая новые вакансии) не соответствует реально складывающейся карте проживания граждан;
4. Размер и состав инвестиционных предложений находятся в дисбалансе с уровнем развития инфраструктуры отдельных территорий, особенно это касается автомагистралей и энергосетей;
5. Потребность населения СЗФО в продукции аграрного сектора не соответствует показателям местной продовольственной базы;
6. Существующие возможности в области выпуска инновационной продукции значительно опережают уровень заинтересованности объектов хозяйствования в инновациях;
7. Повышенные требования к качеству жилья, которые не могут быть удовлетворены ввиду неспособности сложившейся системы ЖКХ, к кардинальному улучшению предоставляемых услуг, функционированию данной сферы региональной экономики, и возникает необходимость уточнения специфики функционирования системы жилищно-коммунального хозяйства как детерминанты обеспечения экономической безопасности на мезоуровне;
8. Повышенные требования жителей малых и средних населенных пунктов не соответствуют имеющемуся потенциалу для развития соответствующих территориальных образований;
9. Недостаточная инвестиционная и инновационная активность реального сектора экономики Санкт-Петербурга;
10. Низкая производительность труда [Закон Санкт-Петербурга «О Стратегии социально-экономического развития Санкт-Петербурга до 2035 года»].

Заключение

Отметим, что основные приоритеты социально-экономической политики Санкт-Петербурга в развитии таких направлений, как: «Город инноваций», «Комфортный город», «Открытый город». И, конечно, в обеспечении устойчивого экономического роста одной из важнейших задач является развитие информационных технологий и цифровой экономики [Закон Санкт-Петербурга «О Стратегии социально-экономического развития Санкт-Петербурга до 2035 года»].

Цифровая революция преобразовывает все уровни экономики региона и страны, начаты работы в Санкт-Петербурге над реализацией цифрового плана развития города. В настоящее время в социально-экономическом развитии СЗФО имеют место дисбалансы в структуре региональной экономики, вместе с тем реализуется проект Smartcity, возникает вопрос о системности и взаимосвязанности составляющих подсистем экономической

безопасности, «умного города» с поставленной задачей перед регионом, т. е. системного подхода в реализации и мониторинга развития ***цифровой экономической безопасности региона***, которая фактически просто отсутствует.

Таким образом, одной из приоритетных задач в обеспечении современной экономической безопасности регионов, их устойчивого развития является обеспечение всей системы цифровизации экономики региона; повышение уровня кадровой, экологической, цифровой, правовой и в целом экономической безопасности, что предполагает разработку новых индикаторов экономической безопасности регионов. Целесообразно проводить оценку развития и региона, и качества жизни населения с учетом дополнительно разработанных индикаторов в рамках цифровизации экономики и устойчивого увеличения уровня экономического роста и дохода региона.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы».

2. Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»)

3. Постановление Правительства РФ от 09.08.2017 № 955 (ред. от 18.05.2019) «Об установлении особенностей оказания услуг по подключению (технологическому присоединению) объектов капитального строительства к сетям инженерно-технического обеспечения в электронной форме на территории Московской области и гг. Москвы и Санкт-Петербурга в 2017–2021 годах».

4. Закон Санкт-Петербурга «О Стратегии социально-экономического развития Санкт-Петербурга до 2035 года» от 19.12.2018 № 771-164. Официальный сайт Администрации Санкт-Петербург. URL: https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_econom/strategiya-ser-2035/.

5. Джабраилов Р.А., Аббасова А.А., Муталимов В.А. 2016. Региональные проблемы и региональная политика в условиях модернизации российской экономики. Фундаментальные исследования. 3–1: 143–147; URL: http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40021.

6. Ипполитов К.Х. 1996. Экономическая безопасность: стратегия возрождения России, М.: Российский союз предприятий безопасности, 31–52.

7. Кузнецова О.В. 2020. Экономическое развитие регионов: Теоретические и практические аспекты государственного регулирования, изд. 7-е стереотип. М.: Ленанд, 19–35.

8. Морозов С.И., Асмус О.В., Жигалова О.В. 2019. Превентивная система обеспечения экономической безопасности региона. Экономические отношения. 9 (3): 1683–1696. DOI: 10.18334/eo.9.3.41060.

9. Титов А.Б., Ваганова О.В. 2015. Методический подход к определению перспективных отраслей региона в условиях турбулентности экономики. Научный результат. Серия: Экономические исследования. 1 (3): 56–63. DOI: 10.18413/2409-1634-2015-1-3-56-6.

10. Экономическая безопасность регионов России. 2000. Гуськов Н., Зенякин В., Крюков В. Изд-во: Алгоритм: 57–86.

11. iMonitoring – экспресс-анализ экономики. 2020. DOI: http://ifinmon.ru/.

12. SmartCity – концепция «идеального города». 2020. URL: http://city-smart.ru/info/121.html/.

13. Проектный офис «Умный Санкт-Петербург», URL: https://www.petersburgsmartcity.ru/.

14. Национальная программа Цифровая экономика Российской Федерации. URL: http://www.tadviser.ru/index.php.

15. Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16), URL: http://www.tadviser.ru/ images/e/ef/.

16. Город без ума. Игроки IT-рынка призвали синхронизировать проекты «Умного Петербурга». URL: https://www.dp.ru/a/2019/02/19/Gorod_bez_uma.

17. Федеральная служба государственной статистики. URL: https://gks.ru/

References

1. Decree of the President of the Russian Federation of 05.09.2017 № 203 "On the Strategy for the Development of the Information Society in the Russian Federation for 2017–2030".

2. Decree of the President of the Russian Federation of 10.10.2019 № 490 "On the Development of Artificial Intelligence in the Russian Federation" (together with the "National Strategy for the Development of Artificial Intelligence for the period until 2030").

3. Decree of the Government of the Russian Federation of 09.08.2017 № 955 (as amended on 05/18/2019) "On establishing the features of the provision of services for connecting (technological connection) of capital construction facilities to electronic engineering networks in the Moscow region and the cities of Moscow and St. Petersburg in 2017–2021".

4. The Law of St. Petersburg "On the Strategy for the Socio-Economic Development of St. Petersburg until 2035" 12/19/2018 No. 771-164. Official website of the Administration of St. Petersburg Available at: https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_econom/strategiya-ser-2035/.

5. Dzhabrailov R.A., Abbasova A.A., Mutalimov V.A. 2016. Regional problems and regional policy in the modernization of the Russian economy. Fundamental research. 3–1: 143–147. Available at: http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40021.

6. Ippolitov K.Kh. 1996. Economic Security: A Strategy for the Revival of Russia, Moscow: Russian Union of Security Enterprises. 31–52 (in Russian)

7. Kuznetsova O.V. 2020. Economic development of regions: Theoretical and practical aspects of state regulation, ed. 7th stereotype. M.: Lenand, 19–35.

8. Morozov S.I., Asmus O.V., Zhigalova O.V. 2019. Preventive system for ensuring the economic security of the region. Economic relations. 9 (3): S. 1683–1696. DOI: 10.18334 / eo.9.3.41060.

9. Titov A.B., Vaganova O.V. 2015. Methodical approach to definition of perspective branches of the region in the conditions of turbulence of economy. Scientific Result. Series "Economic research", 1(3): 56–63. (In Russian.) DOI: 10.18413/2409-1634-2015-1-3-56-63.

10. Economic security of Russian regions. 2000. Guskov N., Zenyakin V., Kryukov V. Publisher: Algorithm, 57–86 (in Russian)

11. iMonitoring – express analysis of the economy. 2020. Available at: http://ifinmon.ru/.

12. Smart City – the concept of "ideal city". 2020. Available at: http://city-smart.ru/info/121.html/.

13. Design office "Smart St. Petersburg". Available at: https://www.petersburgsmartcity.ru/.

14. National program Digital Economy of the Russian Federation. Available at: http://www.tadviser.ru/index.php.

15. Passport of the national program "Digital Economy of the Russian Federation" (approved by the Presidium of the Presidential Council for Strategic Development and National Projects (minutes of December 24, 2018 No. 16), Available at: http://www.tadviser.ru/images/e/ef/.

16. The city is crazy. Players of the IT market called for synchronizing the projects of Smart Petersburg. Available at: https://www.dp.ru/a/2019/02/19/Gorod_bez_uma.

17. Federal State Statistics Service. Available at: https://gks.ru.

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Сошина О.Н. 2020. Основные проблемы обеспечения уровня экономической безопасности региона в цифровой экономике. Экономика. Информатика. 47 (1): 31–39. DOI:

Soshina O.N. 2020. The main problems of ensuring the level of economic security of the region in the digital economy. Economics. Information technologies. 47 (1): 31–39 (in Russian). DOI:

ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ
INVESTMENT AND INNOVATIONS

УДК 338.24.01
DOI

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАБОТЫ КОЛЛАБОРАЦИОННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТУРА КАК ИННОВАЦИОННО-ИНВЕСТИЦИОННОГО ДРАЙВЕРА В РАМКАХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕЗОУРОВНЯ

FORMATION OF THE METHODOLOGY FOR FORECASTING THE WORK OF THE COLLABORATION TECHNOLOGICAL CIRCUIT WITHIN THE FRAMEWORK OF THE ECONOMIC SYSTEM OF THE MESO-LEVEL

И.О. Малыхина
I.O. Malykhina

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова 46

Belgorod State Technological University V.G. Shukhov, 46 Kostyukova St, Belgorod, 308012, Russia

E-mail: imalykhina@inbox.ru

Аннотация
Актуальность настоящего исследования связана с необходимостью поиска драйверов инновационно-инвестиционной природы, способствующих развитию экономических систем, в частности мезоуровня. В качестве подобного драйвера, обладающего потенциалом инновационно-инвестиционного и технологического развития, рассматривается коллаборационный технологический контур, функционирующий в границах региональной экономической системы. Целью настоящей работы является формирование методики прогнозирования функционирования коллаборационного технологического контура в рамках экономической системы мезоуровня. Доказано, что возможность прогнозирования тенденций и конкретных индикаторов инновационного и технологического развития региона способствует эффективной и своевременной корректировке стратегии технологического и экономического развития. Проанализированы сущностные характеристики коллаборационного технологического контура как инновационно-инвестиционного драйвера экономического развития экономики мезоуровня. Представлена методика прогнозирования работы коллаборационного технологического контура в региональной экономической системе.

Abstract
The relevance of this study is associated with the need to search for drivers of innovative and investment nature, contributing to the development of economic systems, in particular the mesoscale. A collaborative technological circuit operating in the regional economic system is considered as a similar driver with the potential of innovative investment and technological development. The aim of this work is to formulate a methodology for predicting the work of a collaborative technological circuit in the framework of the mesoscale economic system. It is proved that the ability to predict trends and specific indicators of innovative and technological development of the region contributes to the effective and timely adjustment of the strategy of technological and economic development. The essential characteristics of the collaborative technological circuit as an innovation and investment driver of the economic development of

the mesoscale economy are analyzed. A technique for predicting the work of a collaborative technological circuit in the regional economic system is presented.

Ключевые слова: инновации, инвестиции, коллаборационный технологический контур, прогнозирование, высокотехнологичный сектор, экономическая система.
Keywords: innovations, investments, collaborative technological circuit, forecasting, high-tech sector, economic system.

Введение

Современные экономические условия обусловлены активными процессами глобализации и интеграции мировой экономики. При этом экономические системы различных иерархических уровней сложности ориентированы на тенденции формирования инновационной экономики, основанной на применении новейших знаний, высоких технологических решений, ставших сегодня необходимым условием выживания в глобальном экономическом пространстве [Егоров, Бекетов, 2002; Козуб, Рисин, 2019; Лаптев, 2007]. Однако с целью успешной реализации данного процесса построения новой экономики, конкурентоспособной, инновационно активной, эффективной и воспроизводящей внутренние источники потенциального роста и развития, необходимо сформировать основу, т. е. создать методологический базис.

Поскольку в качестве важнейшего императива экономического развития на современном этапе ученые выделяют инновационный путь, важность стимулирования интеграторов высокотехнологичного сектора и их объединений в рамках различных организационных структур неоспорима [Матвиенко, 2007; Семенова, 2008]. Иными словами, использование интеграционных механизмов в целях активизации инновационных процессов в экономических системах особенно актуально в современных геополитических условиях [Соколов, 2007; Nelson, 1993].

Таким образом, развитие высокотехнологичных субъектов хозяйствования носит стратегический характер, поскольку они отличаются возможностью одновременного стимулирования инновационной и инвестиционной деятельности, являясь и источником, и потребителем инновационных технологических решений. Сегодня отечественные высокотехнологичные отрасли, кроме военно-промышленного комплекса, не выдерживают конкуренции на глобальном рынке, однако обладают мощным потенциалом развития. Реализуемая сегодня Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации на качественно ином уровне формирует предпосылки и условия активизации процесса индустриализации экономики, модернизации ключевых отраслей, приоритетно высокотехнологичных, увеличения объемов и качества производимой наукоемкой продукции и др.

Отметим, что принципы теории интеграции, научно обоснованные и сформулированные в XX веке американским ученым венгерского происхождения Б. Балашша, отражают следующие аспекты понимания сущностных положений такого явления, как интеграция, одновременно с точки зрения и процесса, и состояния: «Мы предполагаем определять экономическую интеграцию как процесс и как состояние. Рассматриваемая как процесс, она включает меры, призванные устранить дискриминацию между хозяйственными единицами, относящимися к различным национальным государствам; рассматриваемая как состояние, она может быть представлена как отсутствие различных форм дискриминации между национальными хозяйствами» [Итуэлл, Миглейт, Ньюмен, 2004]. Так, предлагаемый в рамках настоящего исследования коллаборационный технологический контур (далее КТК) рассматривается как драйвер экономического развития инновационно-инвестиционной природы в экономических системах, в частности региональных.

При этом формирование методики прогнозирования работы КТК также является инструментом стимулирования и развития инновационно-технологической системы региона. Отметим, что в контексте настоящего исследования в качестве источников экономического роста КТК представлен как совокупность инновационно активных субъектов экономических отношений, учитывающих функционально-параметрические и структурно-динамические принципы и закономерности функционирования высокотехнологичного сектора [Малыхина, 2019].

Основные результаты исследования

В рамках проводимого исследования сформированные и представленные положения представляют методику прогнозирования работы КТК как инновационно-инвестиционного драйвера в региональной экономической системе и являются лишь составной частью методологического подхода к оценке эффективности инновационно-инвестиционной деятельности экономической системы региона. С целью стимулирования развития высокотехнологичного сектора экономики, в частности региональной, предложено использовать модель КТК как важнейшего драйвера развития региональной экономики инновационно-инвестиционной природы.

Подчеркнем, что КТК является комплексным механизмом достижения инновационно-технологического, соответственно, и социально-экономического развития экономики мезоуровня, укрепления ее конкурентоспособности, повышения инновационной активности и технологической безопасности посредством стимулирования роста интеграторов высокотехнологичного бизнеса.

Отметим, что целью создания КТК в рамках экономической системы мезоуровня является укрепление ее конкурентоспособности посредством стимулирования инновационно-технологического развития и обеспечения лидерских позиций в технологическом производстве по важнейшим направлениям.

Определив целью настоящей работы формирование методики прогнозирования работы КТК в рамках экономической системы мезоуровня, осознанно допустим, что алгоритм расчета значений частных эффективностей каждого блока КТК, а именно: административного блока – *A,* бизнес-блока – *B*, научного блока – *H,* уже сформирован, и значения получены расчетным путем.

Таким образом, представляется возможным исчислить значение квадратичной формы эффективности КТК за один год по следующей формуле:

$$FF(N) = AAf_1^2 + BBf_2^2 + HHf_3^2 + 2(ABf_1f_2 + AHf_1f_3 + BHf_2f_3). \quad (1)$$

Используя полученные результаты, отражающие эффективность работы КТК за *N*-ый год, формализовано представим выражение для оценки квадратичной формы эффективности за (*N*+1)-ый год, используя обозначения:

$$w_1 = AA,\ w_2 = BB,\ w_3 = HH,\ w_4 = AB,\ w_5 = AH,\ w_6 = BH.$$

$$FF(N+1) = w_1f_1^2 + w_2f_2^2 + w_3f_3^2 + 2(w_4f_1f_2 + w_5f_1f_3 + w_6f_2f_3) \quad (2)$$

$$FF(N+1) = w_1f_1^2 + w_2f_2^2 + w_3f_3^2 + w_42f_1f_2 + w_52f_1f_3 + w_62f_2f_3 \quad (3)$$

Также представим следующие обозначения:

$$s_1 = f_1^2,\ s_2 = f_2^2,\ s_3 = f_3^2,\ s_4 = 2f_1f_2,\ s_5 = 2f_1f_3,\ s_6 = 2f_3f_2.$$

Таким образом, выражение, которое может быть использовано для оценки квадратичной формы эффективности за (*N*+1)-ый год, целесообразно представить так:

$$FF(N+1) = s_1w_1 + s_2w_2 + s_3w_3 + s_4w_4 + s_5w_5 + s_6w_6. \quad (4)$$

Отметим, что коэффициенты отраженной формулы имеют определенные заданные ограничения:

$$\begin{cases} w_1f_1 + w_4f_2 + w_5f_3 \geq 100; \\ w_4f_1 + w_2f_2 + w_6f_3 \geq 100; \\ w_5f_1 + w_6f_2 + w_3f_3 \geq 100; \\ w_1f_1 + w_2f_2 + w_3f_3 \geq AAf_1 + BBf_2 + HHf_3; \\ w_1 + w_2 + w_3 \geq AA + BB + HH; \\ w_1 + w_4 + w_5 \geq AA + AB + AH; \\ w_4 + w_2 + w_6 \geq BA + BB + BH; \\ w_5 + w_6 + w_3 \geq HA + HB + HH; \\ w_i \geq 0, \ \ i = 1, \dots, 6. \end{cases} \quad (5)$$

Рассчитанные значения частных эффективностей обозначенных выше блоков – f_1, f_2, f_3, составляющих основу КТК, позволяют проверить значения матрицы КТК, а также найти возможность воздействия на его общую результативность при запланированных инвестиционных потоках в развитие КТК.

Задача поиска минимума эффекта при предполагаемых вложениях для работы КТК в общем виде может быть представлена как задача линейного программирования, отраженная в следующем виде:

$$FF(N+1) = s_1w_1 + s_2w_2 + s_3w_3 + s_4w_4 + s_5w_5 + s_6w_6 \rightarrow min. \quad (6)$$

Совокупность заданных ограничений предполагает изменение правых частей неравенств. Например, округляя их до целых значений или увеличивая число процентов на Δ_i, при этом величина $i = 1, \dots, 8$, запланирована в целях осуществления анализа будущих инвестиционных вложений):

$$\begin{cases} w_1f_1 + w_4f_2 + w_5f_3 \geq 100 + \Delta_1; \\ w_4f_1 + w_2f_2 + w_6f_3 \geq 100 + \Delta_2; \\ w_5f_1 + w_6f_2 + w_3f_3 \geq 100 + \Delta_3; \\ w_1f_1 + w_2f_2 + w_3f_3 \geq AAf_1 + BBf_2 + HHf_3 + \Delta_4; \\ w_1 + w_2 + w_3 \geq AA + BB + HH + \Delta_5; \\ w_1 + w_4 + w_5 \geq AA + AB + AH + \Delta_6; \\ w_4 + w_2 + w_6 \geq BA + BB + BH + \Delta_7; \\ w_5 + w_6 + w_3 \geq HA + HB + HH + \Delta_8; \\ w_i \geq 0, \ \ i = 1, \dots, 6. \end{cases} \quad (7)$$

В результате полученные значения функции $FF(N+1)$ дают возможность осуществить прогноз распределения инвестиционных вложений в различные составные блоки КТК (*A*, *B*, *H*). Таким образом, на основе полученных значений можно сформировать новую матрицу КТК:

$$\begin{pmatrix} w_1 & w_4 & w_5 \\ w_4 & w_2 & w_6 \\ w_5 & w_6 & w_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} AA & AB & AH \\ BA & BB & BH \\ HA & HB & HH \end{pmatrix}.$$

Далее отразим условие для квадратичных форм эффективности работы КТК:

$$FF(N+1) \geq FF(N). \quad (8)$$

«Идеальное» значение квадратичной формы эффективности инвестиционных вложений в КТК за год *N* может быть описано следующей формулой*:*

$$FF(N) = AAf_1^2 + BBf_2^2 + HHf_3^2 + 2(ABf_1f_2 + AHf_1f_3 + BHf_2f_3). \quad (9)$$

Также можно представить как полный квадрат вложений по составным блокам (*A, B, H*):

$$FFI(N) = \left(\sqrt{AA}f_1 + \sqrt{BB}f_2 + \sqrt{HH}f_3\right)^2. \quad (10)$$

«Идеальное» значение квадратичной формы эффективности инвестиций в следующем году можно оценить, применив полученные значения функции $FF(N+1)$:

$$FFI(N+1) = \left(\sqrt{w_1}f_1 + \sqrt{w_2}f_2 + \sqrt{w_3}f_3\right)^2. \quad (11)$$

При этом в процессе развития КТК должно выполняться следующее условие:

$$FFI(N+1) \geq FFI(N). \quad (12)$$

Заключение

В заключение отметим, что возможность осуществления прогнозирования работы КТК в рамках экономической системы мезоуровня является важным инструментом стимулирования его инновационно-технологического развития, повышения инвестиционной привлекательности, поддержки инновационно активных субъектов хозяйствования, в том числе связанных с производством наукоемкой продукции, занятых в высокотехнологичных отраслях.

Проанализированы сущностные характеристики КТК. Представлена авторская позиция в части использования модели КТК как инновационно-инвестиционного драйвера развития экономики региона. Сформирована методика прогнозирования работы КТК как составная часть методики оценки эффективности инновационно-инвестиционной деятельности экономической системы мезоуровня. Обозначен авторский подход к формированию основных блоков КТК, его образующих.

Осуществление дальнейших исследований функционирования КТК как инновационно-инвестиционного драйвера в рамках экономических систем различных уровней организационной сложности считаем целесообразным, поскольку это позволит повысить их эффективность в целом, стимулировать технологическое развитие, проектировать и реализовывать прогнозы инновационно-инвестиционного развития, совершенствовать инструментарий реализации инновационной модели развития экономики.

Список литературы

1. Егоров Е.Г., Бекетов Н.В. 2002. Научно-инновационная система региона: структура, функции, перспективы развития. М., Academia, 238.

2. Итуэлл Дж., Миглейт М., Ньюмен П. 2004. Экономическая теория. Под ред.: пер. с англ. В.С. Автономова. М., ИНФРА-М, 931.

3. Козуб Л.А., Рисин И.Е. 2019. Оценка практики стратегирования инвестиционной политики субъектов Российской Федерации. Современная экономика: проблемы и решения, 3: 157–168.

4. Кондратьев Н.Д. 2002. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды. М., Экономика, 384.

5. Лаптев А.А. 2007. Понятие «высокотехнологичной компании» в современной микроэкономической теории. Инновации. 7 (105): 35–41.

6. Малыхина И.О. 2019. Анализ приоритетов инновационно-технологического развития России. Экономические отношения. 9 (4). doi: 10.18334/eo.9.4.41253.

7. Малыхина И.О. 2019. Стимулирование высокотехнологичных производств как императив технологического развития отечественной экономики. Вопросы инновационной экономики. 9 (4). doi: 10.18334/vinec.9.4.41251.

8. Малыхина И.О. 2019. Анализ проблем и перспектив инвестиционного обеспечения высокотехнологичных производств. Современная экономика: проблемы и решения. 12 (120): 168–176.

9. Матвиенко С.В. 2007. Формирование и развитие региональных и макрорегиональных инновационных систем: финансовое, кадровое и организационное обеспечение. Санкт-Петербург, СПбГИЭУ, 324.

10. Миндели Л.Э., Черных С.И. 2014. Приоритеты в развитии науки и технологий и приоритетные направления исследований Российской академии наук. Экономическое возрождение России. 1: 6–14.

11. Гохберг Л.М. 2014. Прогноз научно-технологического развития России: 2030. Москва, Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 244.

12. Ратнер С.В. 2014. Исследование закономерностей развития новых высокотехнологичных отраслей экономики. Экономический анализ: теория и практика. 28 (379): 25–32.

13. Рудник П.Б. 2011. Технологические платформы в практике российской инновационной политики. Форсайт. 1: 16–25.

14. Семенова Т.Ю. 2008. Инновационная политика как основа управления функционированием и развитием региона. Научно-технические ведомости СПбГПУ. 1 (53): 40–45.

15. Соколов А.В. 2007. Метод критических технологий. Форсайт. 4: 64–75.

16. Шумпетер Й. 1982. Теория экономического развития. М.: Прогресс, 455.

17. Asheim B.T., Isaksen A. 2002. Regional Innovation Systems: The Integration of Local «Sticky» and Global «Ubiquitous» Knowledge. Journal of Technology Transfer. 27: 77–87. DOI: 10.1023/A:1013100704794.

18. Freeman C. 1987. Technology Policy and Economic Performance. L.: Pinter Publishers, 215.

19. Lundvall B.A. 1992. National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. L., Pinter Publishers, 317.

20. Nelson R. 1993. National Innovation Systems. Oxford, Oxford University Press, 541.

References

1. Egorov E.G., Beketov N.V. 2002. Nauchno-innovacionnaja sistema regiona: struktura, funkcii, perspektivy razvitija [Scientific and innovative system of the region: structure, functions, development prospects]. M., Academia, 238.

2. Itujell Dzh., Miglejt M., N'jumen P. 2004. Jekonomicheskaja teorija [Economic theory]. Pod red.: per. s angl. V.S. Avtonomova. M., INFRA-M, 931.

3. Kozub L.A., Risin I.E. 2019. Ocenka praktiki strategirovanija investicionnoj politiki subjektov Rossijskoj Federacii [Assessment of the practice of strategic investment policy of the constituent entities of the Russian Federation]. Sovremennaja jekonomika: problemy i reshenija, 3: 157–168.

4. Kondrat'ev N.D. 2002. Bol'shie cikly konjunktury i teorija predvidenija [Big business cycles and foresight theory]. Izbrannye trudy. M., Jekonomika, 384.

5. Laptev A.A. 2007. Ponjatie «vysokotehnologichnoj kompanii» v sovremennoj mikrojekonomicheskoj teorii [The concept of "high-tech company" in modern microeconomic theory]. Innovacii. 7 (105): 35–41.

6. Malykhina I.O. 2019. Analiz prioritetov innovacionno-tehnologicheskogo razvitija Rossii [Analysis of the priorities of innovative technological development of Russia]. Jekonomicheskie otnoshenija. 9 (4). doi: 10.18334/eo.9.4.41253.

7. Malykhina I.O. 2019. Stimulirovanie vysokotehnologichnyh proizvodstv kak imperativ tehnologicheskogo razvitija otechestvennoj jekonomiki [Stimulation of high-tech industries as an imperative of technological development of the domestic economy]. Voprosy innovacionnoj jekonomiki. 9 (4). doi: 10.18334/vinec.9.4.41251

8. Malykhina I.O. 2019. Analiz problem i perspektiv investicionnogo obespechenija vysokotehnologichnyh proizvodstv [Analysis of problems and prospects of investment support for high-tech industries]. Sovremennaja jekonomika: problemy i reshenija. 12 (120): 168–176.

9. Matvienko S.V. 2007. Formirovanie i razvitie regional'nyh i makroregional'nyh innovacionnyhsistem: finansovoe, kadrovoe i organizacionnoe obespechenie: monografija [Formation and development of regional and macroregional innovation systems: financial, personnel and organizational support: monograph]. Sankt-Peterburg, SPbGIJeU, 324.

10. Mindeli L.Je., Chernyh S.I. 2014. Prioritety v razvitii nauki i tehnologij i prioritetnye napravlenija issledovanij Rossijskoj akademii nauk [Priorities in the development of science and technology and priority areas of research of the Russian Academy of Sciences]. Jekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii. 1: 6–14.

11. Gohberg L.M. 2014. Prognoz nauchno-tehnologicheskogo razvitija Rossii: 2030 goda [Forecast of scientific and technological development of Russia: 2030]. Moskva, Ministerstvo obrazovanija i nauki Rossijskoj Federacii, Nacional'nyj issledovatel'skij universitet «Vysshaja shkola jekonomiki», 244.

12. Ratner S.V. 2014. Issledovanie zakonomernostej razvitija novyh vysokotehnologichnyh otraslej jekonomiki [Study of patterns of development of new high-tech industries]. Jekonomicheskij analiz: teorija i praktika. 28 (379): 25–32.

13. Rudnik P.B. 2011. Tehnologicheskie platformy v praktike rossijskoj innovacionnoj politiki [Technological platforms in the practice of Russian innovation policy]. Forsajt. 1: 16–25.

14. Semenova T.Ju. 2008. Innovacionnaja politika kak osnova upravlenija funkcionirovaniem i razvitiem regiona [Innovation policy as the basis for managing the functioning and development of the region]. Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. 1 (53): 40–45.

15. Sokolov A.V. 2007. Metod kriticheskih tehnologij [Critical technology method]. Forsajt. 4: 64–75.

16. Shumpeter J. 1982. Teorija jekonomicheskogo razvitija [Theory of Economic Development]. M.: Progress, 455.

17. Asheim B.T., Isaksen A. 2002. Regional Innovation Systems: The Integration of Local «Sticky» and Global «Ubiquitous» Knowledge. Journal of Technology Transfer. 27: 77–87. DOI: 10.1023/A:1013100704794.

18. Freeman C. 1987. Technology Policy and Economic Performance. L.: Pinter Publishers, 215.

19. Lundvall B.A. 1992. National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. L., Pinter Publishers, 317.

20. Nelson R. 1993. National Innovation Systems. Oxford, Oxford University Press, 541.

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Малыхина И.О. 2020. Формирование методики прогнозирования работы коллаборационного технологического контура как инновационно-инвестиционного драйвера в рамках экономической системы мезоуровня. Экономика. Информатика. 47 (1): 40–46. DOI:

Malykhina I.O. 2020. Formation of the methodology for forecasting the work of the collaboration technological circuit within the framework of the economic system of the meso-level. Economics. Information technologies. 47 (1): 40–46 (in Russian). DOI:

УДК 378.14
DOI

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ВУЗА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ HR-БРЕНДИНГА

INNOVATIVE APPROACH TO MANAGEMENT OF UNIVERSITY ACTIVITY BASED ON APPLICATION OF HR-BRANDING

Бондаренко В.А. [1], **Максаев А.А.** [2], **Шумакова И.А.** [3]
Bondarenko V.A. [1], **Maksaev A.A.** [2], **Shumakova I.A.** [3]

[1)] ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»
Россия, 344002, г. Ростов-на-Дону, Большая Садовая улица, 69
[2)] Краснодарский кооперативный институт (филиал) АНОО ВО Центросоюза Российской Федерации «Российский университет кооперации»
Россия, 350015, г. Краснодар, ул. Им. Митрофана Седина, д. 168/1
[3)] Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

[1)] Rostov state University of Economics (RINH),
69 Bolshaya Sadovaya St, Rostov-on-don, 344002, Russia
[2)] Krasnodar cooperative Institute (branch) of the ANO VO Centrosoyuz Russian Federation «Russian University of cooperation»
168/1 Mitrofana Sedina St, Krasnodar, 350015, Russia
[3)] Belgorod National Research University,
85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: b14v@yandex.ru, Arthurmaxaev@mail.ru, shumakova@bsu.edu.ru

Аннотация
В статье исследуются вопросы востребованности в виде HR-брендинга в деятельности университета. Акцент сделан на необходимости дифференциации сотрудников университетов с точки зрения преимущественной сферы функциональной активности, предложения им инновационных стимулирующих факторов и метрик, определяющих эффективность. Важным представляется также расширение HR-брендинговой активности на сегмент обучающихся, являющихся потенциальными сотрудниками университета в будущем и формирующих уже сейчас его человеческий интеллектуальный капитал.

Abstract
The article examines the relevance of HR-branding in the University's activities. Emphasis is placed on the need to differentiate University employees in terms of the primary sphere of functional activity, offering them various innovative stimulating factors and metrics that determine efficiency. It is also important to expand HR-branding activity to the segment of students who are potential employees of the University in the future, and are already forming its human intellectual capital.

Ключевые слова: HR-брендинг, университет, интеллектуальный капитал, сотрудники, обучающиеся.
Keywords: hr-branding, University, intellectual capital, staff, students.

Введение

Для реализации инновационной стратегии университета в плане повышения конкурентоспособности в образовательном или научно-исследовательском направлении, или при сбалансированном соотношении этих вопросов, ключевое значение имеет качество привлекаемого к реализации поставленных целей и задач человеческого капитала.

Человеческий капитал университета, вовлекаемый в развитие образовательных программ и научно-исследовательских разработок, формируется не только из числа сотрудников, к которым предъявляются определенные квалификационные требования, но и к обучающимся – студентам, осуществляющим практическое апробирование на рынке труда региона полученных знаний и вовлекаемых в создание научных разработок. Этот тезис, в том числе, подтверждает мнение Д. Пескова, который указал на необходимость формирования в университетах командных образовательных траекторий, создающих собственные продукты и проекты. Эта деятельность должна осуществляться с начала первого курса обучения [Эксперты Гайдаровского форума рассказали, как изменятся университеты в 2020-х годах.]. Одним из проявившихся запросов в плане развития человеческого капитала в вузах является нацеленность на омоложение научных кадров. Так, согласно национальному проекту «Наука», предполагается проградиентное увеличение научных кадров в возрасте до 39 лет к 2024 году (рис. 1).

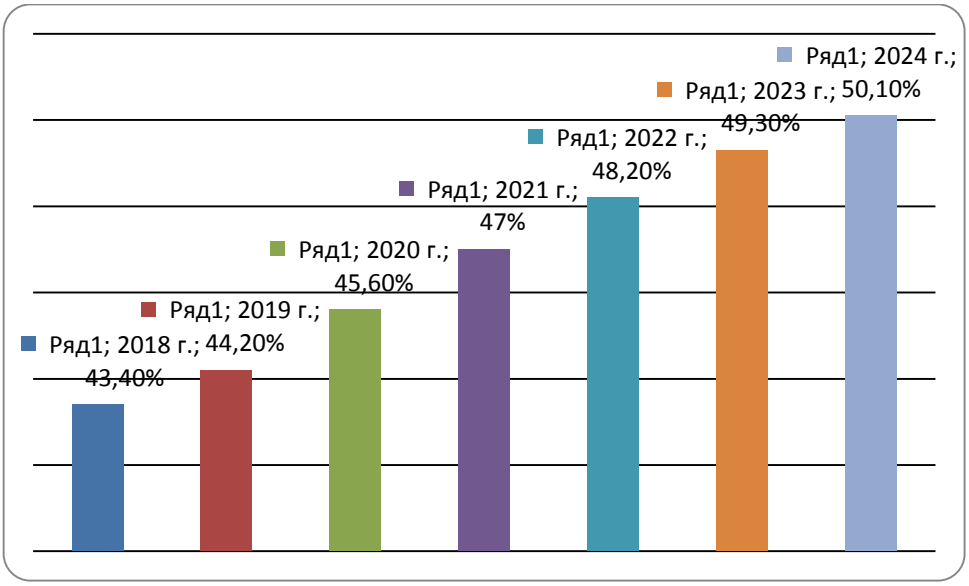


Рис. 1. Динамика планового прироста доли исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности российских исследователей, % [Национальный проект «Наука», 2020]
Fig. 1. Dynamics of the planned increase in the share of researchers under the age of 39 in the total number of Russian researchers, %

Соответственно, помимо упомянутой нацеленности на омоложение исследователей, перед университетами стоит задача, в целом, привлечения, сохранения и удержания человеческого капитала, состоящего из профессорского-преподавательского и студенческого состава. Данный контингент необходимо активно вовлекать в решение стоящих перед университетом задач, что предполагает формирование системы стимулов и приоритетов, а также выстраивание определенных процедур взаимодействия. Это, в свою очередь, вызывает интерес к инновационному подходу при управлении деятельностью университета такому как HR-брендинг и его потенциалу в части привлечения, отбора, вовлечения в необходимые процессы и мотивации сотрудников.

Материалы и методы. Указанная постановка вопроса предполагает исследование сущности самого HR-брендинга, а также возможной специфики и механизмов его применения в университете применительно к привлечению потенциально интересных университету сотрудников, к вовлечению и стимулированию вовлеченности в научно-инновационную деятельность у обучающихся, а также возможном разграничении направленности интересов (образовательных или научно-исследовательских) у действующих сотрудников.

Обсуждение

Характеризуя HR-брендинг, целесообразно привести его наиболее известные трактовки. Так, например, С. Бэрроу сформулировал его определение следующим образом: «hr-бренд как набор экономических, функциональных и психологических преимуществ, который предоставляется работодателем и отождествляется с ним» [Ананьева, 2010]. Близкую к представленной трактовку дает Р. Мосли: «Совокупность материальных, функциональных и психологических выгод, которые получает сотрудник, работая в компании» [Мосли, 2007]. Р. Лойд дает более развернутое определение, согласно которому HR-брендинг – это «Совокупность усилий компании по взаимодействию с существующими и потенциальными сотрудниками, которое делает ее привлекательным местом работы, а также активное управление имиджем компании в глазах партнеров, потенциальных сотрудников» [Lloyd, 2002].

Российский специалист Р. Мансуров характеризует HR-брендинг в качестве «Комплекса целенаправленных мероприятий по формированию положительного имиджа работодателя с целью постоянного привлечения лучших из лучших специалистов в своей области». [Мансуров, 2011] Такой исследователь, как Н. Осовицкая делает акцент на формировании привлекательного рабочего места, характеризующегося экономическими, психологическими и профессиональными выгодами [Осовицкая, 2013].

Раскрывая представленные в научной литературе подходы к HR-брендингу университета, укажем, что, например, А. Жерукова интерпретирует его следующим образом: «HR-брендинг как деятельность по формированию системы мер, направленных на создание привлекательной репутации образовательного учреждения – работодателя» [Жерукова, 2014]. Данный исследователь делает акцент на формулировании концепции ценности университета, а также взаимосвязи факторов привлечения сотрудников, воспринимающих данное ценностное послание, и трансляции ценности внешним аудиториям. При таком подходе в рамках внутренних HR-брендинговых мероприятий осуществляются процедуры по мотивации сотрудников, переподготовке, переаттестации, предлагаются карьерные траектории, способствующие росту их вовлеченности в осуществление стоящих задач. Внешние мероприятия основываются на укреплении имиджа в рамках участия в масштабных проектах и спланированных коммуникациях. Напрямую речь идет о работе с действующими сотрудниками и потенциально привлекаемыми на работу в вуз. Сегмент обучающихся при таком подходе остается за гранью рассмотрения, хотя, возможно, подразумевается.

Полагаем, что в сложившейся современной ситуации необходимо рассматривать HR-брендинг в преломлении привлечения и вовлечения не только сотрудников, но и обучающихся, задействованных в совершенствовании образовательных программ, осуществлении научно-исследовательской деятельности, хотя они не являются сотрудниками, но, во-первых, могут ими стать в перспективе, а, во-вторых, представляют собой часть интеллектуального капитала университета и носителей его ценностей.

Отметим, что с опорой на мнение представителей экспертного сообщества, структурно сам HR-брендинг в организации условно разбивают на пять основных этапов [Саркисян, 2020].

Первый этап состоит в выявлении задач организации сообразно маркетинговой стратегии, в рамках чего определяют какие именно сотрудники, с какими качествами и компетенциями необходимы, каким образом возможно их мотивировать; в какие исследовательские и практико-ориентированные проекты и за счет каких стимулов можно привлечь студентов в рамках создания командных и личных траекторий развития. Такие действия предполагают понимание ценностей и создание ценностного предложения дифференцированно для действующих сотрудников, потенциальных сотрудников и обучающихся. Формулирование ценностного предложения может и должно реализовываться на основе исследований, например, опросов руководства об их видении

данной ситуации, а также проведении фокус-групповых исследований с представителями целевых аудиторий – реципиентов ценностного предложения.

На втором этапе в соответствии со стратегическими целями университета создается некое типизированное ценностное инновационное предложение для аудиторий, преимущественно вовлеченных в образовательный и научно-исследовательский процессы. Это инновационное ценностное предложение апробируется на представителях целевых групп в тестовом режиме. Данная деятельность ведется параллельно применительно к сотрудникам и обучающимся; в случае необходимости их совместной работы в рамках общих проектных задач, совместно с обеими выделенными группами.

Затем ведется работа по апробации модели взаимодействия членов, формируемых под решение определенных задач образовательных и научно-исследовательских коллективов, на предмет возможности их слаженной совместной работы. Следующим этапом выступает проведение внешних коммуникаций, транслирующих ценности университета и формирующих его определенный имидж, а также организация внутреннего вовлечения уже имеющегося человеческого интеллектуального капитала в достижение поставленных и структурированных задач.

Не менее значимым – пятым этапом является выбор определенных метрик, позволяющих оценивать происходящие процессы, формирование отчетности, позволяющей корректировать действия и принимать правильные управленческие решения в части привлечения и вовлеченности сотрудников и обучающихся.

Результаты

Полагаем, что в сложившейся практике сотрудникам университетов – профессорско-преподавательскому составу – сложно совмещать одновременно образовательную функцию и эффективное осуществление научных исследований. Как отмечает ряд экспертов, представителей вузовского сообщества, препятствием к полноценному и результативному участию в научных исследованиях, разработках является как раз перегруженность профессорско-преподавательского состава учебной нагрузкой и воплощение их исследовательских усилий в учебниках и учебных пособиях [Положихина, 2019]. Мы во многом согласны с приведенными аргументами и считаем, что одно материальное стимулирование в виде заработной платы в высшей школе не способно решить данные проблемы, в особенности при одновременной нацеленности на омоложение кадрового состава университетов. Хотя в рамках HR-брендинга материальное стимулирование имеет существенное значение, способствуя интересу к профессии и желанию реализоваться в ней. Данные, характеризующие среднюю оплату труда в отрасли (среднюю зарплату научных работников) в первом полугодии 2019 г., приведены ниже на рисунке 2.

Приведенные данные о средней заработной плате с учетом специфики регионов могли бы серьезно стимулировать научных работников в университетах к большей вовлеченности и продуктивному труду. Тем не менее реалии таковы, что средний показатель не свидетельствует о достойной оплате труда профессорско-преподавательского состава в целом. Как отмечают исследователи, «увеличение размера заработной платы научных сотрудников в России является во многом фиктивным и обеспечивается своеобразными техническими приемами и статистическими манипуляциями: за счет выплат нерегулярных надбавок, величина которых меняется как год от года, так и помесячно, и поквартально; путем учета полной ставки научного сотрудника при его работе на части ставки и т. д. Должностные же оклады при этом не увеличиваются» [Положихина, 2019.].

Так, в провинциальном вузе в ЮФО порядка 45–50 тыс. рублей получает доктор наук, занимающий должность профессора; тогда как оплата труда кандидата наук, доцента, как правило, не достигает 30 тыс. рублей. Именно этот феномен снижает привлекательность научной деятельности для молодых преподавателей и стимулирует их к поиску дополнительных источников дохода в других учебных заведениях, что увеличивает

учебную нагрузку, либо в практической сфере, что не способствует росту вовлеченности в решения задач университета и полной отдаче карьере в высшей школе в рамках основного места работы.

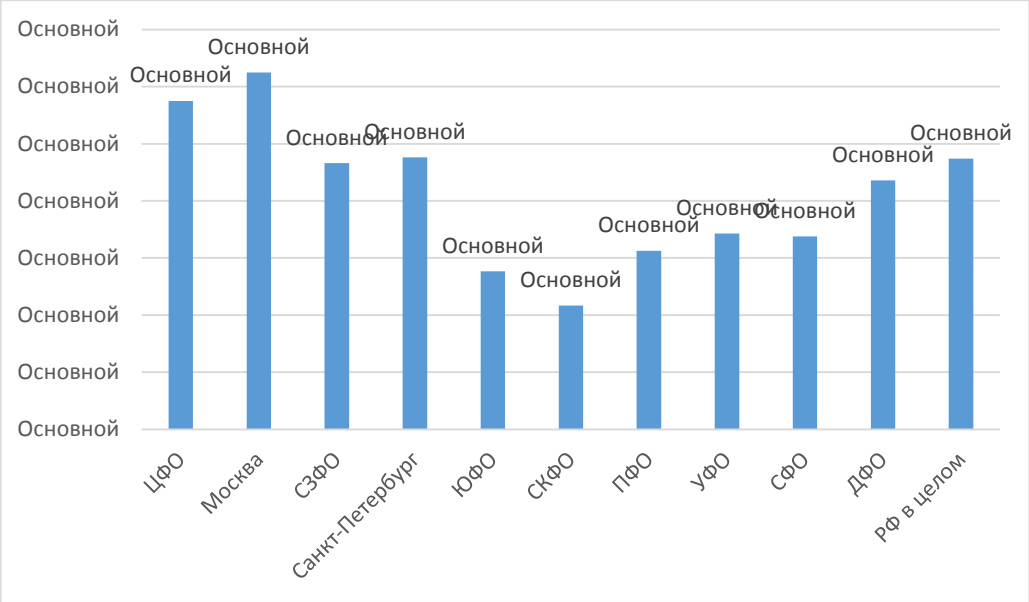


Рис. 2. Средняя зарплата научных работников в первом полугодии в 2019 г. в России, тыс. руб. [Заработная плата отдельных категорий работников социальной сферы и науки]
Fig. 2. Average salary of researchers in the first half of the year in 2019 in Russia, thousand rubles [Wages of certain categories of social and scientific workers, 2020]

Подобная ситуация может решаться в рамках процедур HR-брендинга во внутренних и внешних коммуникациях университета в плане регулярных стимулирующих выплат профессорско-преподавательскому составу за реальные заслуги, очевидные окружающим и проявляющиеся в образовательной и/или научной активности с измеримыми результатами. Эта информация должна транслироваться во внутренних коммуникациях и во внешних, способствуя положительному имиджу и привлечению сотрудников.

В отношении материального стимулирования студентов положительной практикой можно считать стипендию, выплачиваемую за научную деятельность. Однако, зачастую, поскольку она рассчитывается исходя из набранных баллов, которые определяются, в том числе, количеством опубликованных работ, в гуманитарной сфере это ведет к увеличению числа «мусорных публикаций», а не к участию в реальной научной деятельности, ориентированной на решение задач университета и развития региональной экономики. Представляется, что необходимо вовлечение обучающихся в участие в работах, выполнимых научными коллективами университета для предприятий региона на возмездной и безвозмездной основе, привлечение к участию в грантах, в том числе, в рамках деятельности междисциплинарных и межкафедральных научных кружков. Целесообразно также выделение внутренних грантов студенческим инициативным группам, которыми может руководить аспирант, докторант или молодой сотрудник кафедры, на разработку перспективных для университета тем, направленных на создание инноваций или механизма их выведения на рынок, в зависимости от специфики самого вуза.

Информацию о таких мероприятиях также необходимо транслировать во внутренней и внешней среде университета.

С учетом сложившихся реалий представляется востребованным в отношении профессорско-преподавательского состава университетов с учетом выявленных у сотрудников предрасположенностей и направлений, в которых они могут быть максимально востребованы и приносить большую пользу, дифференцировать коллектив на тех, кто задействован преимущественно в образовательной деятельности и тех, кто занят,

преимущественно, в научно-исследовательской деятельности. Одним планировать учебную нагрузку в размере ставки, исходя из наполнения ее присутствием в аудитории (проведением лекционных и практических занятий), публикацией учебных и учебно-методических материалов, литературных обзоров, практических пособий, участием в воспитательной и пропагандистской деятельности в рамках выстроенных в университете задач. Метрики эффективности деятельности данной части коллектива будут измерять по выделенным для них критериям, равно как и материальное и нематериальное стимулирование, что будет способствовать общей инновационной эффективности данного направления в университете.

Задействованным преимущественно в научно-исследовательской деятельности сотрудникам в ставке целесообразно минимизировать учебную нагрузку, оставив, например, один лекционный курс, укладывающийся в развиваемое научное направление. Остальные часы в ставке следует наполнить регулярным участием в грантовой деятельности, осуществлением исследовательских работ (с практическими результатами) для нужд региональной экономики; обязательным изданием монографий в ведущих изданиях, статей, индексируемых в международных базах данных. Для этой категории сотрудников в плане оценки эффективности их деятельности будут применяться свои метрики, материальное и нематериальное стимулирование.

При указанном подходе две укрупненные категории сотрудников и вовлекаемое ими студенческое сообщество будут обеспечивать выполнение необходимых для вуза критериальных показателей эффективности по заданным направлениям. Такие действия предпринимаются в ряде флагманских университетов, но практические не реализуются вузами в регионах, в которых подобная дифференциация не проявляется, приводя к снижению общей результативности деятельности.

Отметим также, что для планирования мероприятий в рамках HR-брендинговой активности университета можно и нужно использовать инновационный инструментарий, применяемый компаниями, задействованными в практическом секторе. Например, использовать следующую матрицу (таблица 1).

Определение текущего положения университета и его hr-бренда будет способствовать осознанию того, каковы текущие реалии, и пониманию того, к чему необходимо стремиться с поиском конкретных шагов для достижения поставленной цели.

Таблица 1
Table 1

Матрица оценки состояния hr-бренда [Мансуров, 2011]
HR-brand status assessment Matrix [Mansurov, 2011]

<table>
<tr><td rowspan="4">Отлаженность процессов в университете</td><td rowspan="2">хорошая</td><td>1. Сложно привлекать и удерживать лучших сотрудников. Это сопряжено с ощутимым увеличением расходов. Состав сотрудников стабилен. Высокая эффективность выполняемых задач.</td><td>2. Реализуется возможность привлечения и удержания лучших. Состав сотрудников стабилен. Высокая эффективность выполняемых задач.</td></tr>
<tr><td>3. Нет возможности привлечения и удержания лучших сотрудников. Высокая текучесть персонала. Низкая эффективность выполняемых задач.</td><td>4. Лучшие сотрудники привлекаются за счет внешних коммуникаций, но нет возможности их удерживать. Высокая текучесть персонала. Низкая эффективность выполняемых задач.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">плохая</td><td>слабый</td><td>сильный</td></tr>
<tr><td colspan="2">hr-бренд университета</td></tr>
</table>

Так, университеты, у которых hr-бренд находится в первом квадранте, недостаточно успешно выстроили внешнюю коммуникацию, по этой причине их имиджевые характеристики создают сложности по привлечению интересных им сотрудников, которые не уверены в данном учреждении, недостаточно знают о нем и могут не желать рисковать своей карьерной траекторией.

Во втором квадранте располагаются те учебные заведения, которые уже правильно выстроили необходимые процессы и внутренние и внешние коммуникации при трансляции ценностей hr-бренда. Соответственно, у них заявления совпадают с реальностью и во многом за счет вовлеченности и отдачи сотрудников достигаются поставленные цели.

Университетам, попавшим в третий квадрант, нужно провести ревизию, как своего ценностного послания, так и возможностей по его воплощению в реальность; затем предпринимать конкретные решения по привлечению, удержанию и вовлечению необходимых сотрудников.

Образовательным организациям в четвертом квадранте нужно сконцентрироваться на системе мотивации для выделенных категорий сотрудников, повышать их вовлеченность в решение задач университета.

Укажем также, что предпринимаемые действия должны опираться на результаты проведенной аналитической работы, кабинетных и полевых исследований, осознание необходимости дифференциации сотрудников, понимание мотивирующих аргументов в материальном и нематериальном формате. Схожие действия необходимы в плане работы с категорией обучающихся университета, вовлекаемых в решение образовательных и научно-исследовательских задач. Первоначально нужно выстроить понимание процессов и сами процессы в университете, далее осуществлять трансляцию ценностей во внутренних и внешних коммуникациях.

Заключение

Подводя итоги по вопросам применения инновационного подхода к управлению деятельностью университета, отметим, что возросшее значение человеческого интеллектуального капитала приобретает решающую роль в конкурентоспособности организаций, что справедливо для образовательного сектора. В настоящее время интеллектуальный капитал университетов составляют как его сотрудники, так и обучающиеся, вовлекаемые в научно-исследовательскую работу и совершенствование учебной деятельности. По этой причине HR-брендинговые мероприятия необходимо ориентировать как на потенциальных и действующих сотрудников, так и на сегмент обучающихся. Перспективным для решения задач университета представляется разделение сотрудников на условные группы, вовлечение преимущественно в образовательную или научную деятельность, сотрудничающие с соответствующими студенческими неформальными сообществами. При проведении HR-брендинговых мероприятий университету целесообразно применять к ним отличные показатели изменения эффективности деятельности (метрики) и разрабатывать систему стимулов по повышению вовлеченности в решение задач университета.

Список литературы

1. Ананьева Т.Е., Дзюба А.А. 2010. Создание бренда работодателя: особенности коммуникаций и брендинга на рынке труда. Маркетинговые коммуникации. № 6.

2. Жерукова А.Б. 2014. HR-брендинг на российском рынке образования: проблемы и перспективы. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 1: 121–126.

3. Заработная плата отдельных категорий работников социальной сферы и науки. 2020. Федеральная служба государственной статистики. Официальная статистика. Рынок труда, занятость и заработная плата. М. URL: www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/ statistics/wages/ (дата обращения: 15.02.2020).

4. Мансуров Р.Е. 2011. HR-брендинг. Как повысить эффективность персонала. СПб.: БХВ-Петербург. 224 с.

5. Мосли Р. 2007. Бренд работодателя. Лучшее из бренд-менеджмента – в работу с кадрами. Группа ИДТ. 210 с. 81 с.

6. Национальный проект «Наука». 2020. URL: https://strategy24.ru/rf/innovation/projects/natsional-nyy-proyekt-nauka (дата обращения: 12.02.2020).

7. Осовицкая Н. 2013. Актуальный HR-брендинг. Секреты лучших работодателей. Питер, 240 с.

8. Положихина М.А. 2019. Неоднозначные итоги реформирования российской науки. ЭСПР. № 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/neodnoznachnye-itogi-reformirovaniya-rossiyskoy-nauki (дата обращения: 17.02.2020).

9. Саркисян И.С. 2020. Каким образом организации с высоким уровнем доверия извлекают максимальную пользу из бренда работодателя. Экономика, менеджмент, маркетинг. URL: https://interactive-plus.ru/e-articles/collection-20140225/collection-20140225-1436.pdf (дата обращения: 10.02.2020).

10. Эксперты Гайдаровского форума рассказали, как изменятся университеты в 2020-х годах. URL: https://ntinews.ru/news/unti/eksperty-gaydarovskogo-foruma-rasskazali-kak-izmenyatsya-universitety-v-2020-kh-godakh.html (дата обращения: 09.02.2020).

11. Lloyd S. 2002. Branding from the inside out (англ.). Business Review: журнал. 24 (10): 64.

References

1. Ananyeva T.E. 2010. Creating an employer's brand: features of communication and branding in the labor market. Marketing communications. No. 6. (in Russian)

2. Zherukova A.B. 2014. HR-branding in the Russian education market: problems and prospects. Bulletin of the Belgorod University of cooperation, Economics and law. 1: 121–126. (in Russian)

3. Wages of certain categories of social and scientific workers. 2020. Federal state statistics service. Official statistics. Labor market, employment, and wages. M. Available at: www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/wages/ (accessed: 15.02.2020). (in Russian)

4. Mansurov R.E. 2011. HR branding. How to increase the efficiency of personnel. SPb.: BHV-Petersburg, 224 PP. (in Russian)

5. Mosley R. 2007. The employer Brand. The best of brand management is to work with personnel. IDT group. 210 p. 81 p. (in Russian)

6. National project "Science". 2020. Available at: https://strategy24.ru/rf/innovation/projects/natsional-nyy-proyekt-nauka (accessed: 12.02.2020). (in Russian)

7. Osovitskaya N. 2013. Actual HR-branding. Secrets of the best employers. Peter. 240 p. (in Russian)

8. Polosuhina M.A. 2019. Ambiguous results of reforming of the Russian science. ESPR. No. 2. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/neodnoznachnye-itogi-reformirovaniya-rossiyskoy-nauki (accessed 17.02.2020). (in Russian)

9. Sarkisyan I.S. 2020. How organizations with a high level of trust derive maximum benefit from the employer's brand. Economics, management, marketing. Available at: https://interactive-plus.ru/e-articles/collection-20140225/collection-20140225-1436.pdf (accessed: 10.02.2020). (in Russian)

10. Experts of the Gaidar forum told how universities will change in the 2020s. Available at: https://ntinews.ru/news/unti/eksperty-gaydarovskogo-foruma-rasskazali-kak-izmenyatsya-universitety-v-2020-kh-godakh.html (accessed: 09.02.2020). (in Russian)

11. Lloyd S. 2002. Branding from the inside out. Business Review: the magazine. 24 (10): 64. (in Russian)

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Бондаренко В.А., Максаев А.А., Шумакова И.А. 2020. Инновационный подход к управлению деятельностью вуза на основе применения HR-брендинга. Экономика. Информатика. 47 (1): 47–54. DOI:

Bondarenko V.A., Maksaev A.A., Shumakova I.A. 2020. Innovative approach to management of university activity based on application of HR-branding. Economics. Information technologies. 47 (1): 47–54 (in Russian). DOI:

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА
SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

УДК 343.148.5
DOI

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И СПОСОБЫ ВЫЯВЛЕНИЯ БЕСТОВАРНЫХ ОПЕРАЦИЙ ЭКСПЕРТОМ-БУХГАЛТЕРОМ

METHODOLOGICAL APPROACHES AND METHODS FOR IDENTIFICATION OF NON-BUSINESS TRANSACTIONS BY AN EXPERT ACCOUNTANT

Н.Г. Гаджиев [1], О.В. Киселева [2], С.А. Коноваленко [3], О.В. Скрипкина [2], Х.Г. Ахмедова [4]
N.G. Gadzhiev [1], O.V. Kiseleva [2], S.A. Konovalenko [3], O.V. Skripkina [2], Kh.G. Akhmedova [4]

[1)] Дагестанский государственный университет,
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 43-а
[2)] Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Россия, 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1
[3)] Рязанский филиал Московского университета МВД России имени В.Я. Кикотя,
Россия, 390043, г. Рязань, ул. 1-я Красная, 18
[4)] Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), Россия, 109004, г. Москва, ул. Земляной вал д. 73,

[1)] Dagestan State University, 43a M. Gadzhieva St, Makhachkala, 367000, Russia
[2)] Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkina,
59/1 Gagarina St, Ryazan, 390005, Russia
[3)] Ryazan branch of Moscow University of the MIA of Russia named after V. J. Kikot,
18 1-I Krasnaya St, Ryazan, 390043, Russia
[4)] Moscow state University of technology and management. K.G. Razumovsky (PKU),
73 Zemlyanoy Val St, Moscow, 109004, Russia

E-mail: nazirhan55@mail.ru, olgakiseleva2008@mail.ru; olgaskripkina2014@ yandex.ru,
sergejkonovalenko26@gmail.com, h.ahmedova@mail.ru

Аннотация
Взаимная связь и обусловленность финансово-хозяйственных операций организаций и учреждений существенно затрудняет выявление и профилактику различного рода злоупотреблений, совершаемых посредством подлогов. Как свидетельствуют теория и практика судебной экономической экспертизы, подложные (фиктивные) документы в бухгалтерском учете во многих случаях используются в качестве способа совершения или сокрытия бестоварных операций, связанных с хищениями материальных ценностей и денежных средств или незаконного присвоения активов организации. В статье акцентируется внимание на том аспекте, что бухгалтерская экспертиза является одной из важнейших эффективных форм экспертного исследования бестоварных операций, также определены признаки, методические подходы и способы их выявления экспертом-бухгалтером. Для достижения этих целей на основе обобщения судебно-следственной и экспертной практики обоснована необходимость классификации наиболее часто встречающихся на практике форм подлогов в различных сферах хозяйственной деятельности предприятия: складского хранения товарно-материальных ценностей; производственного процесса; контрактно-договорных отношений. При этом документальная основа экспертного исследования, по мнению авторов, должна содержать данные как внутреннего, так и внешнего информационных источников в зависимости от количества участников субъектов хозяйствования в совершении бестоварных операций. Цель проведенного авторами исследования – обобщение имеющихся методических подходов и способов выявления бестоварных операций экспертом-бухгалтером в результате проведения судебной экономической экспертизы. При

написании использовались теоретические методы исследования, такие как анализ, дедукция и обобщение, в качестве базовых методов анализировались специальные методы документального контроля, широко применяемые в судебно-экономической практике.

Abstract
Mutual communication and conditionality of financial and economic operations of organizations and institutions make it very difficult to detect and prevent various kinds of abuses committed through fraud. As shown by the theory and practice of forensic economic expertise, fraudulent (fictitious) documents in accounting are often used as a way to commit or conceal reckless transactions related to the theft of property and money. The article concluded that the accounting examination is an effective form of expert research of non-profit transactions, as well as defined signs, methodological approaches and ways of their identification by the expert accountant. In order to achieve these objectives, on the basis of a synthesis of forensic and expert practice, the need to classify the most common forms of fraud in various spheres of business of the enterprise: warehouse storage of goods and materials is justified; production; contract and contractual relations. At the same time, the documentary basis of the expert study, in the opinion of the authors, should contain data from both internal and external information sources depending on the number of participants of economic entities in the performance of bespoke transactions.

Ключевые слова: судебная экономическая экспертиза; эксперт-бухгалтер; подложные документы; бестоварные операции.
Keywords: forensic economic expertise, expert-accountant, false documents, non-purchased goods operations.

Введение

В специальной литературе, посвященной проблемам экономической преступности и судебной экономической экспертизе, отмечается, что в хозяйственной практике большинство подлогов выступают преимущественно для «прикрытия» бестоварных операций [Багмет, Бычкова, 2019; Воюцкая, 2007; Лукинов, Грибанов, 2019; Моисеева, Московцева, 2016; Сафонова, Кузин, 2014; Яни, 2019], и, по мнению отдельных авторов, они «…часто бывают фальсифицированными, содержащими материальный подлог, т. е. физическое воздействие на документ путем подчистки и травления, пометки другим числом, внесения неоговоренных исправлений. Бестоварные (безденежные) документы могут содержать интеллектуальный подлог, совершаемый путем внесения заведомо ложных сведений о дате, сумме, количестве ценностей либо о вообще не существовавшей операции. В таких бухгалтерских документах чаще обнаруживаются комбинированные нарушения» [Еремин, 2006, с. 17].

Таким образом, фиктивными (подложными) документами учитываются нереальные (ложные) факты хозяйственной деятельности с соблюдением необходимых реквизитов и требований. Сложность их выявления объясняется тем, что фиктивные документы, находясь в общей массе первичной учетной документации, практически не отличаются от подлинных документов особыми признаками [Арзамасцев, Чугаева, 2016; Бухгалтерский учет, 2020]. Впоследствии использование недостоверной информации, отраженной в подложных документах, способствует искажению бухгалтерской (финансовой) отчетности хозяйствующего субъекта, не оставляя при этом очевидных «следов» противоправной деятельности [Гаджиев и др., 2011; Звягин, 2005; Полисюк, Корчагина, 2012; Резниченко, Сафонов, 2014].

Результаты исследования и их обсуждение

Установление правонарушений и предполагаемых субъектов противоправной деятельности и умышленного характера их действий является сферой деятельности правоохранительных органов, а исследование и выявление механизма совершения искажений, получившего отражение в бухгалтерской документации и отчетности, и его причинно-следственных последствий, а также объема нанесенного ущерба субъекту

предпринимательства и интересам государства (в части налогообложения) – сферой судебной экономической экспертизы и, в частности, судебно-бухгалтерской экспертизы.

Бестоварные операции могут признаваться экспертом как полностью, так и частично фиктивными. Вместе с тем сам факт совершения операции реален, но ее величина преувеличена или преуменьшена.

Различные аспекты выявления бестоварных операций в процессе осуществления судебно-бухгалтерской экспертизы рассматривались в работах многих исследователей [Арзамасцев, Чугаева, 2016; Гаджиев, 2004; Еремин, Бондаревская, 2009; Звягин, Мальцев, 2017; Звягин, Стрыгина, 2017; Кеворкова, Окружко, 2012]. В то же время отсутствие в специальной литературе классификаций возможных преступных действий в этой сфере не позволяет экспертам в полной мере использовать методический инструментарий и соответствующую информационную базу для установления бестоварных операций. По нашему мнению, разработка подобной классификации способствовала бы повышению качества и эффективности экспертных исследований. При этом ее документальная база должна формироваться на основе данных внутренних и внешних источников.

Внутренняя информационная база (данные складского, производственного, оперативного и бухгалтерского учета) характеризует совершение бестоварных операций по местам хранения товарно-материальных ценностей, производственный процесс. При этом материалы инвентаризации должны сочетаться с внешними информационными источниками (расчетно-платежными операциями с поставщиками, подрядчиками, покупателями и заказчиками). Информационная база экспертного исследования может быть различна, но вся она имеет преступную направленность и связана со злоупотреблениями, хищениями материальных ценностей и денежных средств.

Однако обнаруженные при исследовании документов несоответствия и противоречия по формальным признакам не всегда считаются бесспорными признаками, определяющими бестоварность операций. Такие факты могут являться итогом ошибок лиц, составляющих учетные документы, например, экономистов, бухгалтеров и др. При дальнейшем их исследовании эксперту-бухгалтеру следует широко использовать другие методы контроля.

Зачастую может быть выявлено, что в случаях списания в расход по бестоварным документам у получателя материал поступившим не значится или значится поступившим в меньшем количестве, чем списано в расход поставщиком. Могут быть выявлены противоречия в содержании документов, проведенных по отчетности этих предприятий и т. д. Так, в экземпляре, приложенном к отчету поставщика, отражен отпуск одних материалов, а в экземпляре того же документа, приложенном к отчету получателя, указаны другие материалы, но на такую же сумму.

При сверке расчетов может быть установлено, что предприятием-получателем материальные ценности определенного наименования не только не оприходованы, но и не оплачены, что предприятие-поставщик или вовсе не выставляло требования об оплате стоимости этих ценностей, или же, предъявив такое требование, возместило затем полученную по нему сумму.

Бестоварность операций может выявляться сопоставлением относящихся к одной и той же операции данных о движении материалов с транспортными документами. При этом может быть выявлено, что в действительности материал перевозился в меньшем количестве, чем отражено в документах, или что в транспортных документах вовсе нет никаких сведений, подтверждающих его перевозку и расходы на погрузочно-разгрузочные работы. Но иногда из-за транспортных приписок объем перевозок превышает количество поступивших товаров, но это не связано с бестоварностью операции.

Путем сопоставления данных накладных, счетов-фактур с пропусками, книгами регистрации ввоза и вывоза выявляется, что на вывоз материалов, указанных в счетах-фактурах и накладных, пропуска не выписывались или выписаны на меньшее количество материалов. Признаки бестоварности операций можно выявить также контрольным сличением остатков материалов и хронологической проверкой их движения. Возможности определения бестоварности операций посредством контрольного сличения показаны на рисунках 1–4.

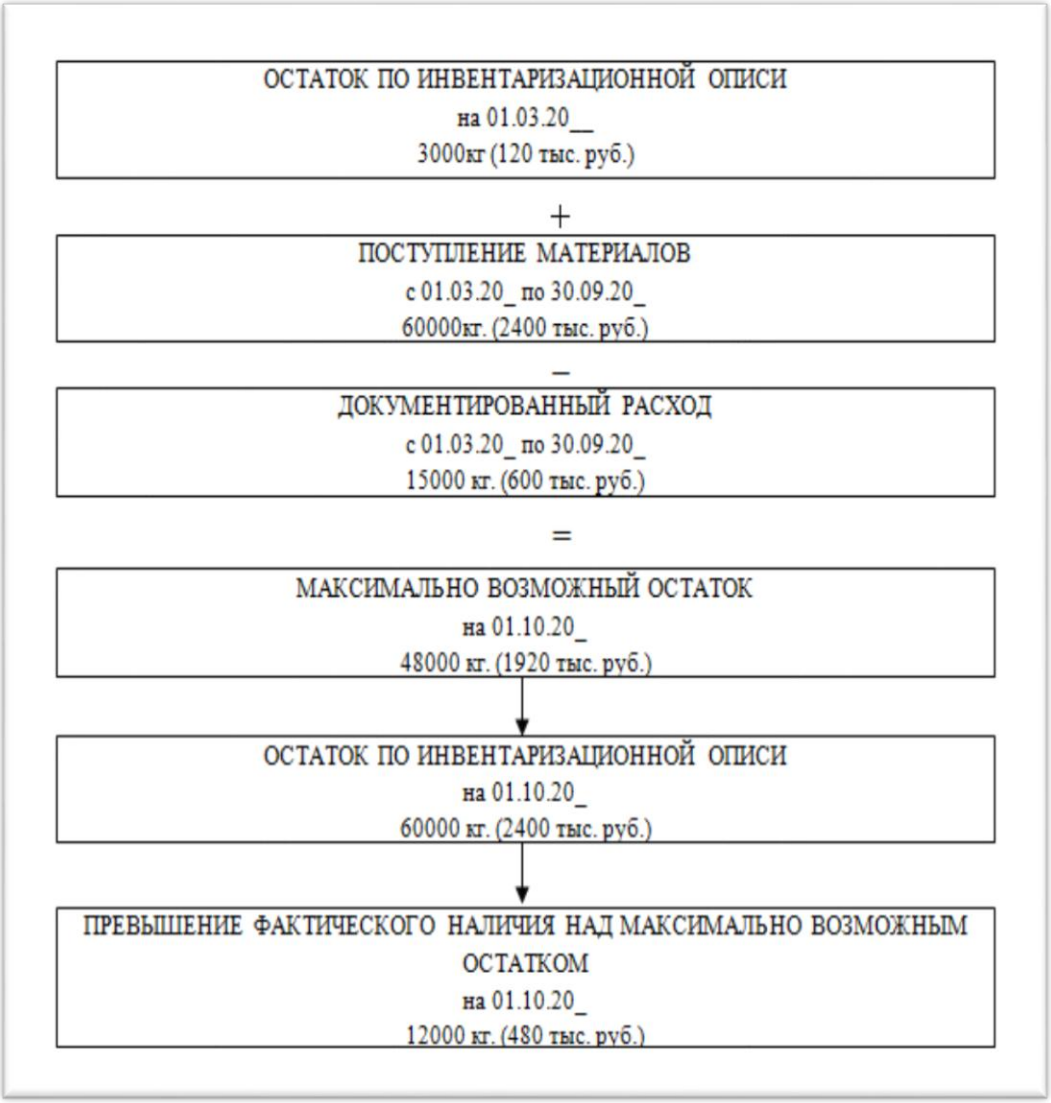


Рис. 1. Контрольное сличение при превышении фактического наличия материалов над его максимально возможным остатком*

Fig. 1. Control comparison when the actual availability of materials exceeds its maximum possible balance*

При установлении материального ущерба следует иметь в виду также встречающиеся в практике сторнирование бестоварных операций при контрольном сличении и зачеты (по пересортице) при взаимном обмене бестоварными документами (рисунках 5, 6).

Иногда участники противоправных действий «скрывают» факты хищений на счетах бухгалтерского учета. Это становится возможным благодаря сговору должностных лиц (главным образом работников бухгалтерии) с материально ответственными лицами. Наиболее распространенный способ сокрытия подобных хищений наблюдается в форме «списания» похищенных ценностей на производственные счета по бестоварным документам.

* Превышение фактического наличия материалов над их максимально возможным остатком может быть в результате «приписок»; выявления неоприходованных (бездокументных) или «сторонних» материалов; пересортицы одноименных материалов; бестоварных операций.

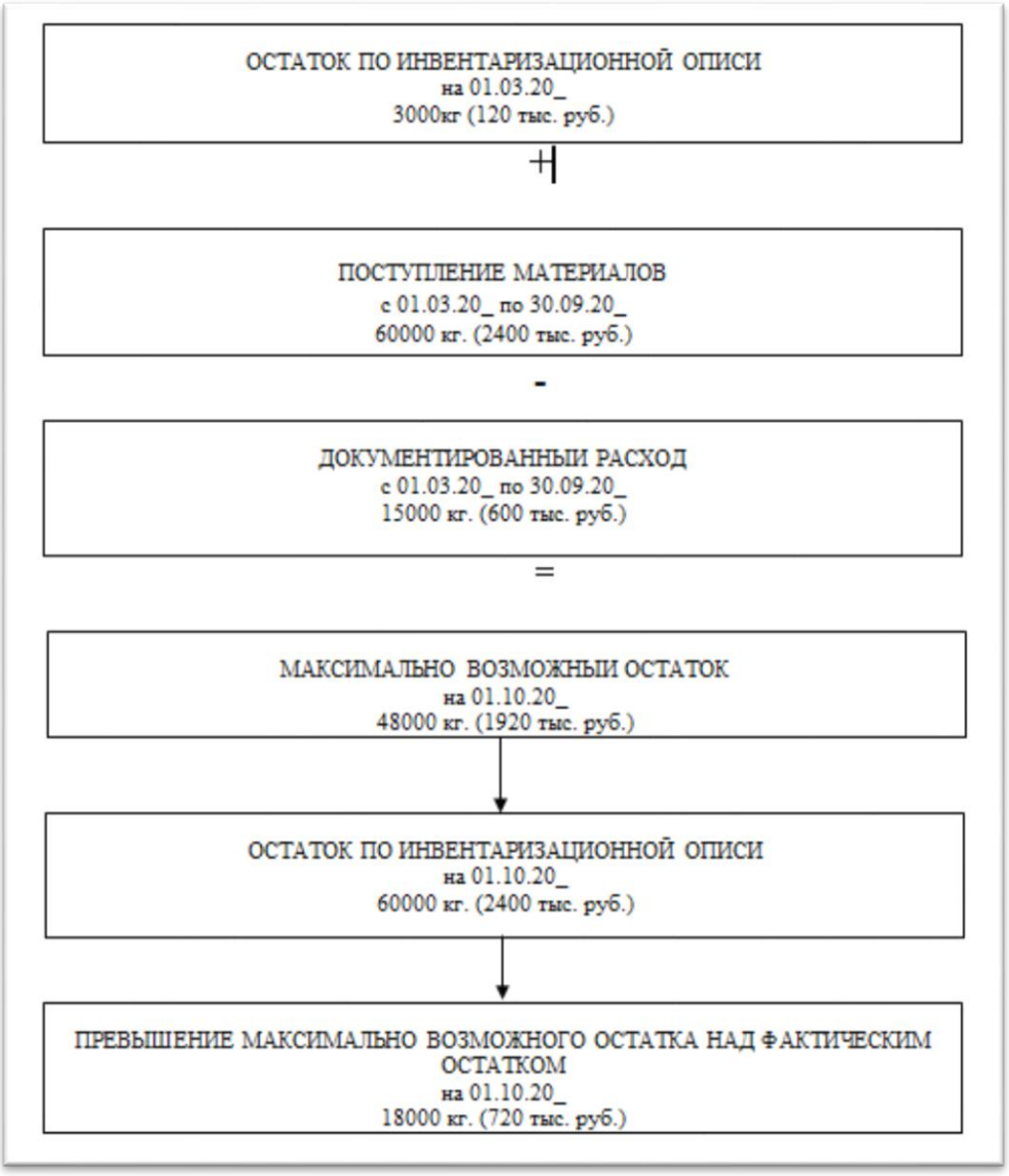


Рис. 2. Контрольное сличение при превышении максимально возможного остатка над фактическим наличием материалов*

Fig. 2. Control comparison when the maximum possible balance exceeds the actual availability of materials*

При исследовании методических подходов и способов выявления бестоварных операций экспертом-бухгалтером нельзя не остановится на видах применения специальных экономических познаний в непроцессуальной сфере (рис. 7).

Чаще всего на первоначальном этапе выявления бестоварных операций экспертом-бухгалтером весьма успешно могут быть применены наиболее простые методы документальной проверки отдельного бухгалтерского документа или группы взаимосвязанных учетных документов. Наиболее часто в экспертной практике применяются метод формальной проверки документа, метод встречной проверки для решения общих задач выявления и раскрытия преступлений экономической направленности.

* Превышение максимально возможного остатка над фактическим наличием материалов может быть в результате возможной или предполагаемой реализации материалов; недостачи материалов, если она была определена в суммовом выражении; пересортицы одноименных материалов.

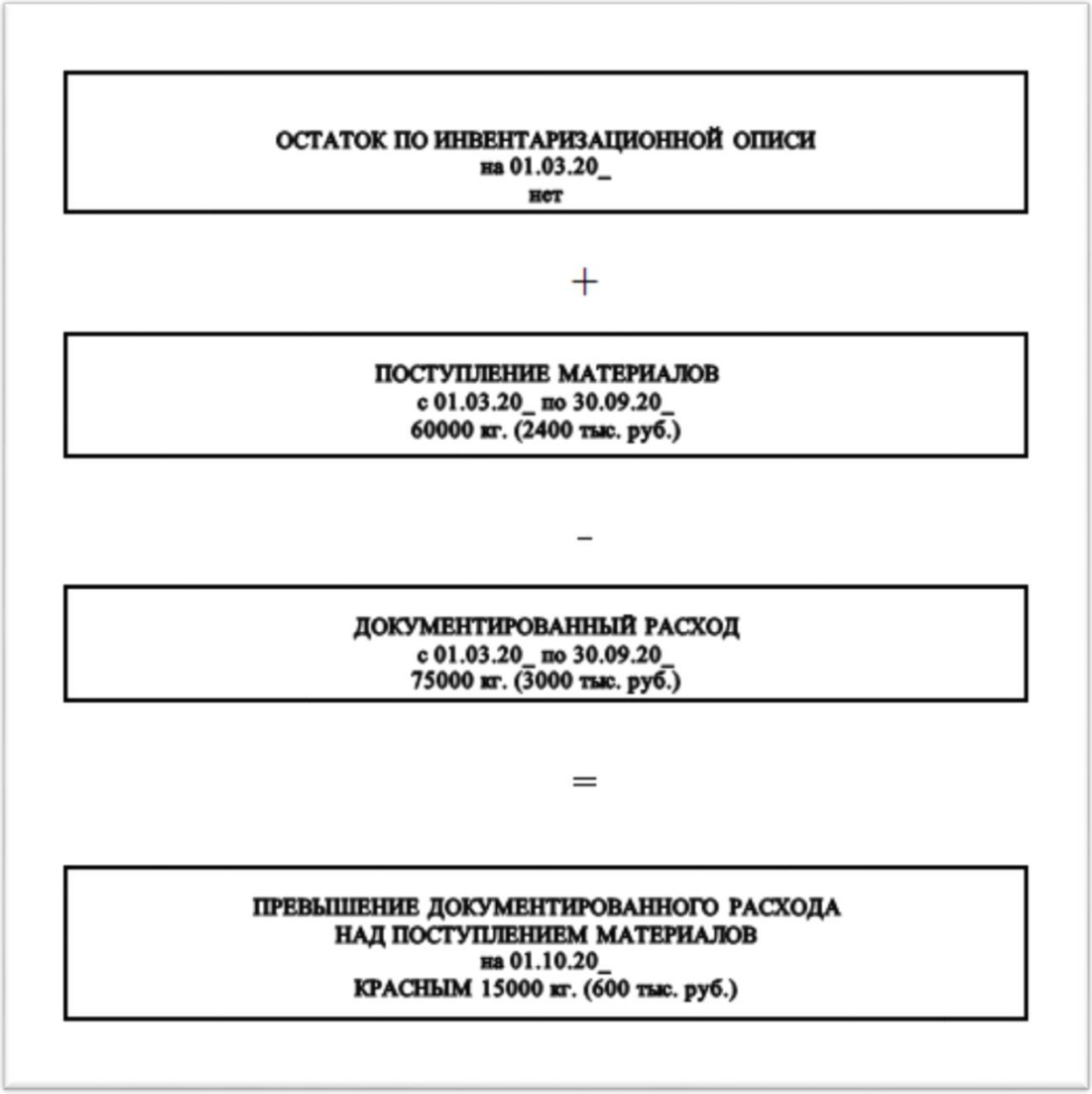


Рис. 3. Контрольное сличение при превышении документированного расхода над поступлением материалов*

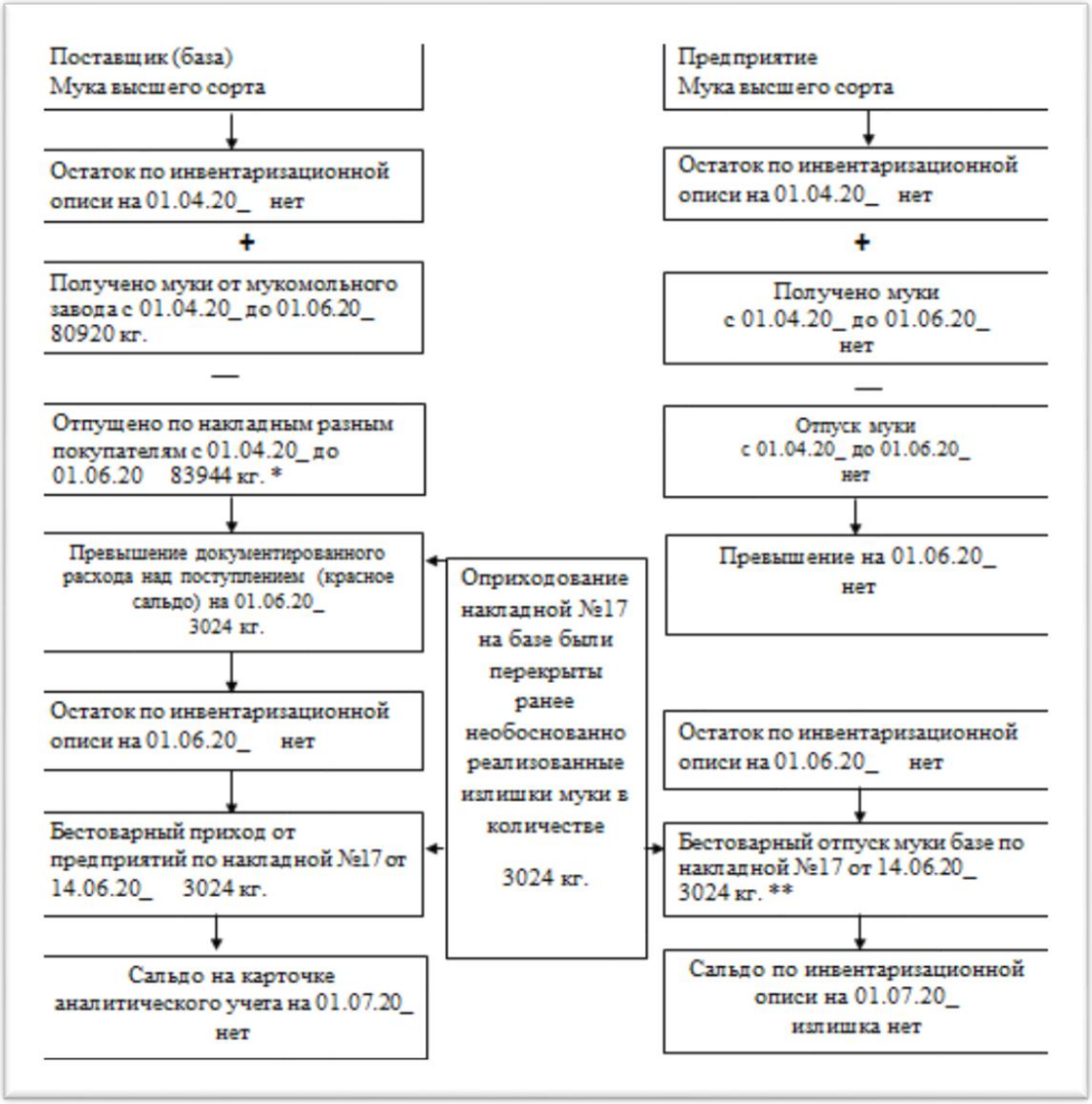
Fig. 3. Control comparison when the documented expense exceeds the receipt of materials*

Заключение

Практика бухгалтерской экспертизы показывает, что при наличии необходимых документальных материалов и при правильном применении методов их исследования эксперт-бухгалтер может сделать обоснованный и категорический вывод о бестоварности операции, отраженной в том или ином документе.

В то же время, исследуя только бухгалтерские документы, не всегда возможно разрешить вопросы, связанные с установлением бестоварности хозяйственных операций. Для этой цели во многих случаях требуется изучение всех материалов уголовного дела, оценка которых относится к компетенции правоохранительных органов.

* Превышение документированного расхода над поступлением материалов может быть в результате выявления неоприходованных (в том числе сторонних) материалов; бестоварности расходного документа; за счет пересортицы при отпуске материалов.

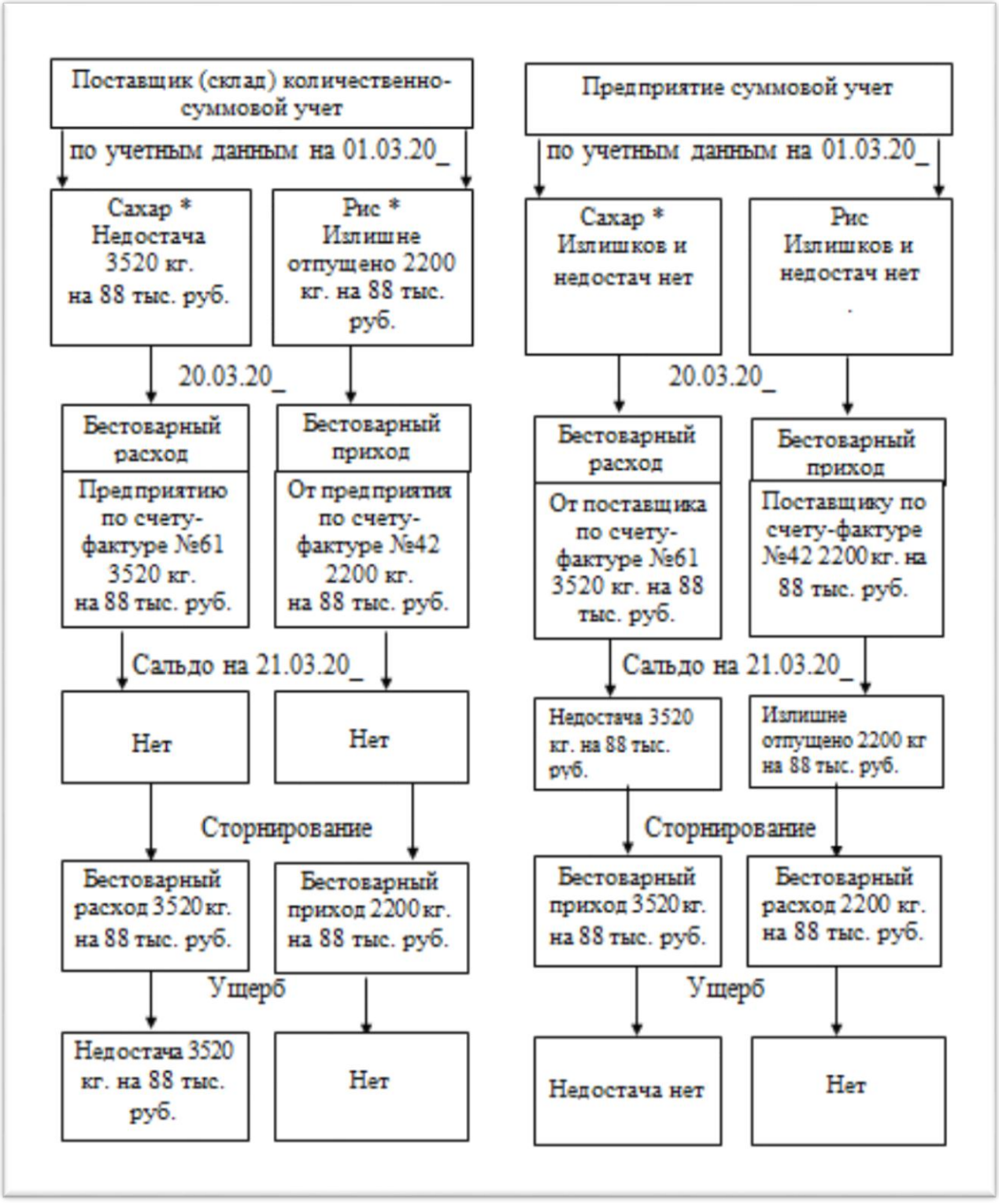


* Излишне отпущено за счет обвеса покупателей.
** На предприятии муки не было, поэтому базе она не могла быть отпущена.

Рис. 4. Определение бестоварных операций при контрольном сличении
Fig. 4. The definition of best-selling of operations with a control comparison

Не менее важное значение для выявления фактов хищений, присвоения и растраты при исследовании бестоварных операций экспертом-бухгалтером является применение специалистом-экспертом комбинированного подхода в своей деятельности, нацеленного на использование таких методов, как методы проверки отдельного учетного документа, методы экономического анализа, бухгалтерского учета и методы, применяемые в исследовании состояния сохранности материальных ценностей.

С целью наиболее эффективного сбора доказательственной базы по уголовным и гражданским делам, связанным с хищениями в результате проведения бестоварных операций, следственным работникам органов внутренних дел и судьям необходимо привлекать в рамках процессуальных действий эксперта-бухгалтера, имеющего специальные познания в сфере бухгалтерского учета. Применяя специальные бухгалтерские познания, эксперт может правильно определить круг вопросов, на которых нужно акцентировать внимание при осуществлении исследования, а также выбрать наиболее действенную и эффективную методику выявления данного типа правонарушений.



* До контрольного сличения при суммовом учете.

Рис. 5. Применение сторнирования бестоварных операций при контрольном сличении. Установление материального ущерба

Fig. 5. Use of reversal of best-selling operations in control comparison. Determination of material damage

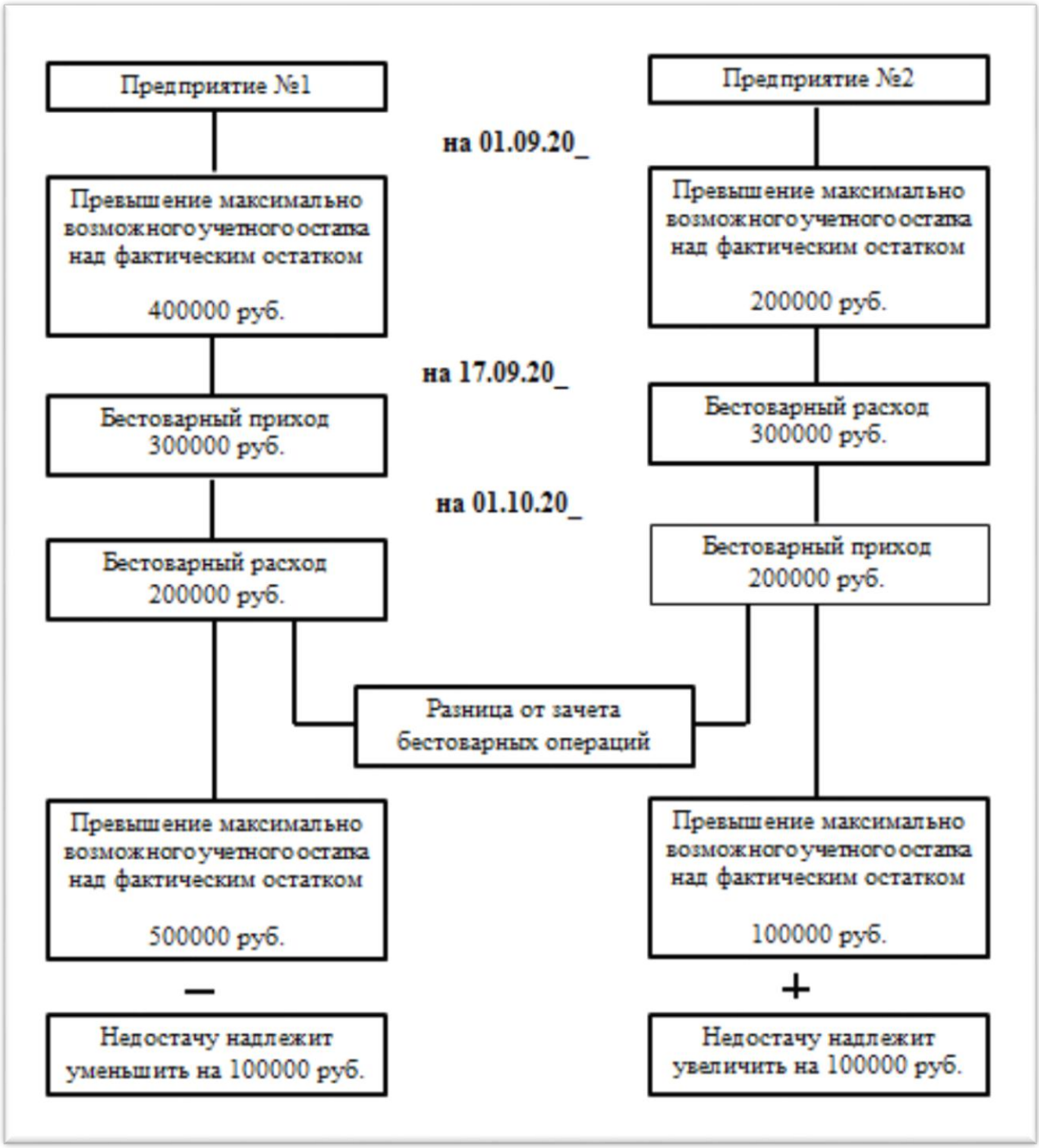


Рис. 5. Встречное оформление бестоварных документов в рамках сокрытия недостачи товарно-материальных ценностей

Fig. 5. Counter registration of best-selling documents in the framework of hiding the shortage of inventory items

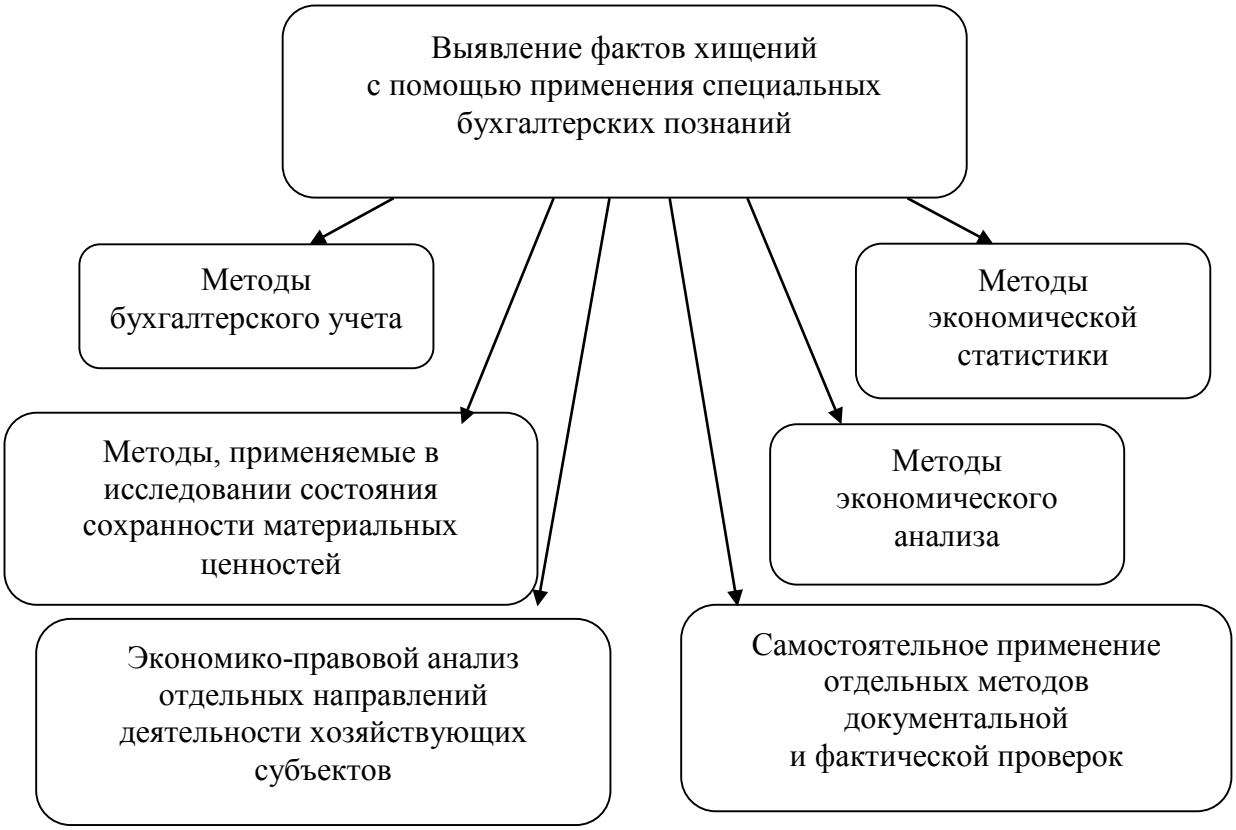


Рис. 7. Виды применения специальных экономических познаний при исследовании бестоварных операций экспертом-бухгалтером
Fig. 7. Types of application of special economic knowledge in the study of best-selling operations by an expert accountant

Список литературы

1. Арзамасцев С.А., Чугаева Т.Д. 2016. Способы фальсификации учетных записей в бухгалтерском учете и методы их выявления. Алтайский вестник Финуниверситета. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-falsifikatsii-uchetnyh-zapisey-v-buhgalterskom-uchete-i-metody-ih-vyyavleniya (дата обращения: 27.01.2020).

2. Багмет А.М., Бычкова Е.И. 2019. Некоторые аспекты противодействия использованию заведомо подложных документов. Юстиция, 4: 61–63.

3. Бухгалтерский учет. 2020. Под общ. ред. проф. Н.Г. Гаджиева. М.: ИНФРА-М, 581 с. (Высшее образование: Специалитет). DOI: 10.12737/1032771.

4. Воюцкая И.В. 2007. Бухгалтерская экспертиза в предупреждении экономических правонарушений. Вестник ОГУ. № 3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/buhgalterskaya-ekspertiza-v-preduprezhdenii-ekonomicheskih-pravonarusheniy (дата обращения: 27.01.2020).

5. Гаджиев Н.Г. 2004. Бухгалтерская экспертиза достоверности учетных записей при осуществлении аудиторской проверки. Вопросы структуризации экономики. 1: 66–70.

6. Гаджиев Н.Г., Ахмедова Л.А, Сулейманова Д.А., Гаджиев Т.Н. 2011. Финансовое состояние предприятия: анализ, диагностика банкротства, бухгалтерская экспертиза. Волгоград: Волгоградское научное издательство. 120 с.

7. Еремин С.Г. 2006. Общие принципы использования методов документального контроля в бухгалтерском учете с целью обнаружения признаков преступлений. Проблемы экономики и юридической практики, № 3–4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obschie-printsipy-ispolzovaniya-metodov-dokumentalnogo-kontrolya-v-buhgalterskom-uchete-s-tselyu-obnaruzheniya-priznakov-prestupleniy (дата обращения: 27.01.2020).

8. Еремин С.Г., Бондаревская Н.С. 2009. Методологические аспекты использования специальных экономических познаний в уголовном судопроизводстве. Вестник Волгоградской академии МВД России. 3: 78–86.

9. Звягин С.А. 2005. Вуалирование и фальсификация бухгалтерской отчетности. Бухгалтер и закон, 3 (75). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vualirovanie-i-falsifikatsiya-buhgalterskoy-otchetnosti (дата обращения: 27.01.2020).

10. Звягин С.А., Мальцев Е.П. 2017. Организационно-плановая документация бухгалтерской экспертизы. Экономический анализ: теория и практика. 6 (465). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-planovaya-dokumentatsiya-buhgalterskoy-ekspertizy (дата обращения: 27.01.2020).

11. Звягин С.А., Стрыгина И.Е. 2017. Судебно-бухгалтерская экспертиза: особенности организации и проведения в современных условиях. Судебная экспертиза. 1: 9–18.

12. Кеворкова Ж.А., Окружко О.А. 2012. Бухгалтерская экспертиза расчетов с контрагентами в строительстве. Калуга: Эйдос, 154 с.

13. Лукинов А., Грибанов С. 2019. Проблемы квалификации служебного подлога. Законность. 9: 54.

14. Моисеева И.И., Московцева К.А. 2016. Проведение экспертизы бухгалтерских документов и данных бухгалтерской отчетности. Социально-экономические явления и процессы. № 12. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/provedenie-ekspertizy-buhgalterskih-dokumentov-i-dannyh-buhgalterskoy-otchetnosti (дата обращения: 27.01.2020).

15. Полисюк Г.Б., Корчагина Л.М. 2012. Бухгалтерская (финансовая) отчетность: проблема выявления искажения информации. Экономический анализ: теория и практика. № 46. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/buhgalterskaya-finansovaya-otchetnost-problema-vyyavleniya-iskazheniya-informatsii (дата обращения: 27.01.2020).

16. Резниченко С.М., Сафонов И.С. 2014. Способы фальсификации учетных записей на бухгалтерских счетах, в балансе и приемы их выявления в процессе бухгалтерской экспертизы. Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. № 104. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-falsifikatsii-uchetnyh-zapisey-na-buhgalterskih-schetah-v-balanse-i-priemy-ih-vyyavleniya-v-protsesse-buhgalterskoy-ekspertizy (дата обращения: 27.01.2020).

17. Сафонова М.Ф., Кузин Т.А., Добровольский А.Г. 2014. Бухгалтерская документация в практике выявления правонарушений. Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. № 104. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/buhgalterskaya-dokumentatsiya-v-praktike-vyyavleniya-pravonarusheniy (дата обращения: 27.01.2020).

18. Яни П. 2019. Связь преступления с предпринимательской деятельностью. Законность. № 11.

References

1. Arzamastsev S.A., Chuzhayeva T.D. 2016. Methods of falsification of accounts in accounting and methods of their identification. Altay Gazette of the Finuniverse. № 1. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-falsifikatsii-uchetnyh-zapisey-v-buhgalterskom-uchete-i-metody-ih-vyyavleniya (accessed: 27.01.2020).

2. Bagmet A.M., Bichkova E.I. 2019. Some aspects of counteracting the use of knowingly fraudulent documents. Justice. 4: 61–63. (in Russian)

3. Accounting. 2020. Under general ed. Prof. N.G. Gadzhieva. Moscow: INFRA-M. 581 p. (Higher Education: Specialty) DOI: 10.12737/1032771. (in Russian)

4. Bozhotskaya I.V. 2007. Accounting Expertise in the Prevention of Economic Offences. Journal of OGU. № 3. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/buhgalterskaya-ekspertiza-v-preduprezhdenii-ekonomicheskih-pravonarusheniy (accessed: 27.01.2020).

5. Gadzhiev N.G. 2004. Accounting examination of the validity of accounts during the audit. Issues of structuring the economy. 1: 66–70. (in Russian)

6. Gadzhiev N.G., Akhmedova L. And, Suleymanova D.A., Gadzhiev T.N. 2011. Financial condition of the enterprise: analysis, bankruptcy diagnostics, accounting examination. Volgograd: Volgograd scientific publishing house, 120 pages. (in Russian)

7. Eremin S.G. 2006. General Principles of Using Methods of Documentary Control in Accounting to Detect Signs of Crime. Problems of Economy and Legal Practice. № 3–4. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/obschie-printsipy-ispolzovaniya-metodov-dokumentalnogo-kontrolya-v-buhgalterskom-uchete-s-tselyu-obnaruzheniya-priznakov-prestupleniy (accessed: 27.01.2020).

8. Eremin S.G., Bondarevskaya N.S. 2009. Methodological aspects of the use of special economic knowledge in criminal proceedings. Journal of the Volgograd Academy of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation. 3: 78–86. (in Russian)

9. Zwyagin S.A. 2005. Woaling and Falsification of Accounting Statements. Accountant and Law. № 3 (75). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/vualirovanie-i-falsifikatsiya-buhgalterskoy-otchetnosti (accessed: 27.01.2020).

10. Zvyagin S.A., Maltsev E.P. 2017. Organizational and planning documentation of accounting expertise//Economic analysis: theory and practice. 6 (465). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-planovaya-dokumentatsiya-buhgalterskoy-ekspertizy (accessed: 27.01.2020).

11. Zvyagin S.A., Strygina I.E. 2017. Forensic and accounting examination: peculiarities of organization and carrying out in modern conditions. Forensic examination. 1: 9–18. (in Russian)

12. Kevorkova Zh.A., Kordko O.A. 2012. Accounting expertise of settlements with counterparties in construction: monograph. Kaluga: Eidos, 154 pages. (in Russian)

13. Lukinov A., Kruanov S. 2019. Problems of qualification of service fraud. Legality. 9: 54. (in Russian)

14. Moiseeva I.I., Moskovtseva K.A. 2016. Examination of accounting documents and accounting reporting data. Socio-economic phenomena and processes. № 12. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/provedenie-ekspertizy-buhgalterskih-dokumentov-i-dannyh-buhgalterskoy-otchetnosti (accessed: 27.01.2020).

15. Polisuk G.B., Korchagina L.M. 2012. Accounting (Financial) Reporting: The Problem of Information Distortion Detection. Economic Analysis: Theory and Practice. № 46. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/buhgalterskaya-finansovaya-otchetnost-problema-vyyavleniya-iskazheniya-informatsii (accessed: 27.01.2020).

16. Resnickenko S.M., Safonov I.S. 2014. Methods of falsification of accounts on accounting accounts, in the balance sheet and methods of their detection during accounting examination. Scientific Journal of KubSAU. № 104. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-falsifikatsii-uchetnyh-zapisey-na-buhgalterskih-schetah-v-balanse-i-priemy-ih-vyyavleniya-v-protsesse-buhgalterskoy-ekspertizy (accessed: 27.01.2020).

17. Safonova M.F., Cousin T.A., Volunteer A.G. 2014. Accounting documentation in the practice of detection of offences. Scientific Journal of KubSAU. № 104. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/buhgalterskaya-dokumentatsiya-v-praktike-vyyavleniya-pravonarusheniy (accessed: 27.01.2020).

18. Jani P. 2019. Connection of crime with business activity. Legality. № 11. (in Russian)

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Гаджиев Н.Г., Киселева О.В., Коноваленко С.А., Скрипкина О.В., Ахмедова Х.Г. 2020. Методические подходы и способы выявления бестоварных операций экспертом-бухгалтером. Экономика. Информатика. 47 (1): 55–66. DOI:

Gadzhiev N.G., Kiseleva O.V., Konovalenko S.A., Skripkina O.V., Akhmedova Kh.G. 2020. Methodological approaches and methods for identification of non-business transactions by an expert accountant. Economics. Information technologies. 47 (1): 55–66 (in Russian). DOI:

УДК 330.15
DOI

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОНФИГУРАЦИИ СИСТЕМЫ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В КРЫМУ

ECONOMIC EFFICIENCY OF CONFIGURATION OF ALTERNATIVE ENERGY SYSTEM IN CRIMEA

Ванюшкин А.С.[1], Дадашев Б.А.[2]
Vanushkin A.S.[1], Dadashev B.A.[2]

[1)] Крымский Федеральный Университет имени В.И. Вернадского, Россия, 295007, г. Симферополь, пр-т Академика Вернадского, 4
[2)] Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе, Россия, 299001, г. Севастополь, ул. Героев Сталинграда, 7

[1)] V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 4 Vernadskogo Ave, Simferopol, 295007, Russia
[2)] Branch of Moscow State University named after M.V. Lomonosov in Sevastopol, 7 Heroes of Stalingrad St, Sevastopol, 299001, Russia

E-mail: dadasheva.z@mail.ru

Аннотация
Целью исследования является выявление экономически эффективной конфигурации системы альтернативной энергетики в Крыму. Для достижения поставленной цели были рассмотрены особенности, преимущества и недостатки основных видов возобновляемых источников энергии: солнечной, ветровой, биогазовой энергетики, определены основные элементы и условия экономической эффективности системы альтернативной энергетики в Крыму. На основе анализа особенностей, преимуществ и недостатков солнечных, ветровых и биогазовых электростанций и особенностей климата Крымского полуострова в статье разработана концептуальная конфигурация возобновляемых источников энергии (далее ВИЭ) энергосистемы региона, обеспечивающая ее экономическую эффективность; на основе выявленных типовых возможных ситуаций в ВИЭ энергосистеме региона в статье разработан алгоритм ее работы.

Abstract
This article is devoted to the problem of "green energy" in the Crimean Peninsula. The authors studied the main alternative energy sources currently available to the Crimean Peninsula. The aim of the study is to identify a cost-effective configuration of an alternative energy system in Crimea. To achieve this goal, we examined the features, advantages and disadvantages of the main types of renewable energy sources: solar, wind, biogas energy, identified the main elements and conditions of economic efficiency of the alternative energy system in Crimea. Based on the analysis of the features, advantages and disadvantages of solar, wind and biogas power plants and the climate features of the Crimean Peninsula, the article developed a conceptual configuration of renewable energy sources (hereinafter RES) of the region's energy system, which provides its economic efficiency; the algorithm of its operation is developed in the article based on the identified typical possible situations in the renewable energy system of the region.

Ключевые слова: альтернативная энергосистема, солнечные, ветровые, биогазовые электростанции, конфигурация, алгоритм, типовые возможные ситуации.
Keywords: alternative energy system, solar, wind, biogas power plants, configuration, algorithm, typical possible situations.

Введение

В настоящее время по уровню развития альтернативной энергетики Россия сильно отстает от развитых стран мира: доля ВИЭ в энергобалансе РФ менее 1 %, а в Германии

этот показатель составляет до 25 %. При этом на текущий момент Крым занимает первое место среди регионов России по имеющимся мощностям солнечной и ветровой генерации. Однако пока что эта альтернативная генерация не вписана должным образом в энергосистему Крыма. Это вызвано ключевыми и нерешенными пока окончательно проблемами солнечной и ветровой генерации, связанными с ее нестабильностью.

В мире эта проблема решается в основном в организационно-юридической плоскости: путем заключения контрактов на прием излишков энергии ВИЭ генерации. Однако в РФ такая система пока что не работает ввиду излишней бюрократизации и требований сетевых энергетических компаний заранее точно указать объем этих самых излишков, что ввиду объективных причин, при существующих технологиях, не представляется возможным [Осьмаков, 2017]. В источниках на данную тему указываются два пути решения проблемы нестабильности ВИЭ генерации: резервирование мощностей традиционной генерации и поиск новых технологий хранения энергии. Один из них дискредитирует ВИЭ энергетику, а второй не имеет готовых технологий.

Вместе с тем традиционные способы генерации электроэнергии остаются более дешевыми по сравнению с альтернативными (см. табл. 1, [Биотопливо из водорослей, 2016]).

Согласно данным табл. 1, наиболее дешевыми способами получения электроэнергии являются энергосбережение и угольные теплоэлектростанции, даже с учетом ущерба от загрязнения окружающей среды при сжигании угля [Городов, Губин, Матвеев, 2009]. Ввиду высокой стоимости оборудования, сроки окупаемости солнечных и ветряных электростанций варьируются от 7 до 15 лет [Безруких, 2015]. При этом наиболее дорогой является солнечная энергия. Более конкурентоспособны по стоимости ветровая и геотермальная энергия, но их применение ограничено природными условиями – наличием в регионе сильных ветров, близостью к поверхности геотермальных вод и т. д. В то же время энергия биомассы таких ограничений не имеет.

Таблица 1
Table 1

Средняя стоимость генерации электроэнергии из разных источников в России [Биотопливо из водорослей, 2016]
The average cost of generating electricity from various sources in Russia **[**Биотопливо из водорослей, 2016**]**

Способ получения электрической энергии	Стоимость, руб. / кВт*ч
Теплоэлектростанции угольные	2,0
Ветровая энергия	6,4
Геотермальная энергия	5,8
Энергия биомассы	8,0
Газопаровые турбины (комбинированные)	4,8–6,3
Атомные электростанции	12,5
Солнечные батареи с фотоэлементами	14,0
Повышение энергетической эффективности	2,0–4,0

С другой стороны, в Крыму и в других регионах России периодически происходят аварийные отключения сельской местности вследствие непогоды. Недопущение таких случаев требует создания локальных мощностей генерации, для чего предпочтительнее использовать альтернативные источники энергии.

Таким образом, решение проблемы нестабильности и повышения экономической эффективности ВИЭ генерации для ее полноценного включения в энергосистему Крыма имеет актуальность не только регионального характера, но и является значимым для России в целом.

Целью исследования является выявление экономически эффективной конфигурации системы альтернативной энергетики в Крыму. Для достижения поставленной цели требуется решение следующих *задач*:

– рассмотреть особенности, преимущества и недостатки основных видов ВИЭ: солнечной, ветровой, биогазовой энергетики;

– определить основные элементы и условия экономической эффективности системы ВИЭ энергетики в Крыму.

Основные результаты исследования

Особенности, преимущества и недостатки ветровой энергетики

Самым большим недостатком ветровых установок является нестабильность генерации, обусловленная их сильной зависимостью от погоды и места расположения. Для нормальной их работы необходим постоянный ветер, а также большая скорость ветра. Из-за нестабильности ветер не является основным источником энергии и используется в связке с другими источниками. Условия для стабильной работы ветровых установок имеются либо на побережье, либо в местах, где ветер сильный бóльшую часть времени.

Автономные ветровые установки мощностью до 5 кВт могут обеспечивать энергией отдельно стоящие коттеджи и дома. Стоимость такой установки, в среднем, составляет 500 тыс. руб., а период окупаемости – около 10 лет [Анализ себестоимости энергии из возобновляемых источников, 2010]. Из этого следует, что ветроэнергетика имеет ярко выраженный эффект масштаба.

Основное условие для ветровой энергетики: среднегодовая скорость ветра должна быть больше 6 м/с. В силу физических особенностей ветра, экономически более выгодными оказываются крупные ветровые двигатели, которые для надежного перехвата ветра устанавливаются на большой высоте.

Большинство серийно выпускаемых крупных ветровых установок (их производство является наукоемким, поэтому выпускающих их компаний мало) рассчитано на работу при средней скорости ветра 17–58 км/ч. Требования выдвигаются как к нижнему уровню скорости ветра, так и к верхнему. Ветер со скоростью меньшей, чем 17 км/ч, дает мало энергии, а при скоростях более 58 км/ч возможно повреждение (разрушение) лопастей.

Ветровые установки не рассчитаны на шквальные, штормовые ветра. Несмотря на то, что такой ветер дает генерацию большего количества энергии, чем слабые ветры, слишком сильное давление на лопасти может их разрушить. Кроме того, продолжительность штормовых ветров мала, что делает их вклад в годовую генерацию ветровой установки весьма незначительным [Никитенко, Коноплев, 2008].

Рассмотрим природные условия для развития ветровой энергетики в Крыму. Сильные ветра преобладают в осенне-зимний период, по всему побережью полуострова дуют бризы. Наиболее подходящие условия для установки ветровых генераторов (средняя скорость ветра 6–9 м/с) в Керченском районе, западном побережье (полуостров Тарханкут) и в горах Крыма. В период с ноября по март насчитывается в среднем 90 дней с ветром от 20 до 28 м/с (см. рис. 1).

Еще одна проблема использования энергии ветра обусловлена его динамикой. Скорость ветра варьируется в широких пределах – от слабого дуновения до мощных порывов; в связи с чем меняется угловая скорость генератора. При этом бывают периоды штиля, когда ветровые генераторы вырабатывают мало электроэнергии или вообще ее не производят. В такое время необходимо увеличить выработку электроэнергии электростанциями другого типа, чтобы сохранить неизменной суммарную генерацию всей энергосистемы. Моменты, когда наступит и прекратится такой штиль, предсказать довольно затруднительно, что осложняет регулирование генерации в рамках единой энергосистемы [Никитенко, Коноплев, 2008].

Особенности, преимущества и недостатки солнечной энергетики

Солнечная энергия равномерно падает на поверхность Земли, имея везде одинаковую интенсивность. Для того чтобы обеспечить генерацию электроэнергии в промышленных масштабах, солнечную энергию нужно уловить на большой площади. Кроме того, необходимо запасать солнечную энергию, чтобы поддерживать энергоснабжение этим типом электростанции ночью и в пасмурные дни. Наступление и длительность темного времени суток заранее известны на многие годы вперед благодаря своей четкой периодичности. В то же время предсказание момента наступления и длительности пасмурных дней представляет определенную сложность ввиду низкой точности прогноза погоды. Поэтому, как и с ветровой энергетикой, возникает серьезная проблема регулирования выработки в рамках единой энергосистемы.

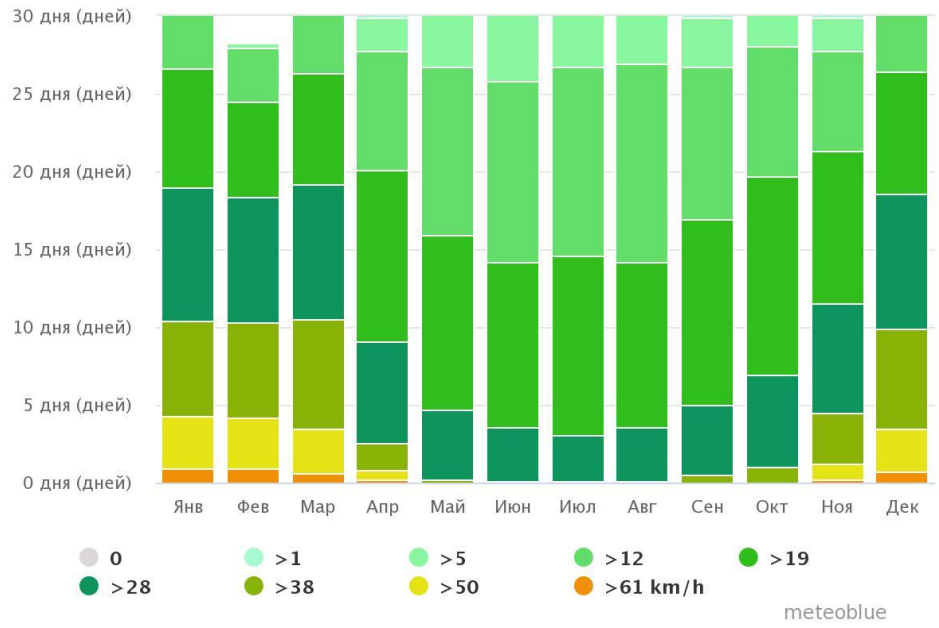


Рис. 1. Распределение скорости и длительности ветра по месяцам года в Крыму [Климат Крым]
Fig. 1. Distribution of wind speed and duration by months of the year in Crimea [Klimat Krym.]

Использование солнечной энергии имеет следующие недостатки:

– высокая цена солнечной энергии вследствие высокой стоимости оборудования и больших сроков окупаемости;

– неэффективная система продажи излишков энергии, т. к. для важных объектов она генерируется с запасом, который часто не используется;

– непостоянство генерации энергии: в ночное время суток, а также в пасмурные дни солнечная энергия слабая или отсутствует, но в сравнении с ветровой энергией она является более стабильной;

– плотность мощности солнечного излучения 170 Вт/м^2, что больше чем у ветра, но намного меньше, чем у нефти, газа и атомной энергии.

Вместе с тем солнечная энергетика имеет ряд неоспоримых достоинств:

– обильность поступления: Землю постоянно облучает 120000 тераватт солнечного света, что во много раз превышает текущее потребление энергии;

– инновации в сфере солнечной энергии не стоят на месте. Так, лидер в производстве солнечных панелей компания Sharp внедрила технологию прозрачных накопительных элементов для остекления [Городов, Губин, Матвеев, 2009]. Другой пример: ученые Калифорнийского университета создали гибридный материал, преобразующий в электрический ток помимо видимого света Солнца также его инфракрасное излучение, что повышает КПД солнечной панели на 30 % [Zhiyuan Huang, Xin Li, Melika Mahboub etc., 2015].

Существуют два способа преобразования солнечной энергии: фототермический и фотоэлектрический. При использовании первого способа теплоноситель нагревается в коллекторе до высокой температуры и используется для нагрева воды. Коллекторы устанавливают на крыше зданий. Солнечные нагревательные системы быстро окупаются, и потому имеет смысл включать их в проекты всех новых домов. Фотоэлектрический способ заключается в прямом преобразовании солнечной энергии в электрический ток в фотоэлементах – солнечных батареях (фотовольтаика).

Удельная стоимость солнечной электростанции не зависит от ее размеров и заданной мощности. Поэтому в большинстве случаев целесообразно размещение модулей на крышах зданий. Собственники смогут отключаться от энергосистемы днем, а ночью покупать энергию по меньшему тарифу. Преимуществом также является возможность экономии на площади земли [Городов, Губин, Матвеев, 2009]. В Объединённых Арабских Эмиратах солнечные батареи используются в системе городского освещения, и к 2030 году ими будут оборудованы крыши большинства зданий. Это даст владельцам преимущества наличия своего источника энергии. Стоит также ориентироваться на опыт Израиля и Греции, где любое строительство сопровождается внедрением возобновляемой энергетики.

В Крыму актуальны такие направления развития солнечной энергетики:
– широкое внедрение солнечных систем горячего водоснабжения;
– создание локальных систем автономного солнечного электроснабжения.

Более привлекательными инвестиции в альтернативную энергетику делает «зеленый тариф» для компаний, сооружающих подобные объекты, и преференции для национальных производителей оборудования. Многие государства дотируют развитие солнечной энергетики. Так, во Франции при установке в доме солнечной батареи государство возвращает 60 % от стоимости установки [Копылов, Зерчанинова, 2009].

Работа крымских солнечных электростанций обеспечивалась за счет введенного для них на Украине «зеленого тарифа». «Зеленый тариф» составлял 0,45 евро за 1кВт*ч, что было в 9 раз больше розничной цены для украинских потребителей (0,05 евро за 1кВт*ч). В настоящее время «зеленый тариф» на порядок больше, чем цена на российском оптовом энергетическом рынке. После возвращения республики Крым и города Севастополь в состав России тарифы на электроэнергию солнечных электростанций снизились с «зеленого тарифа» 26,8 руб. за 1кВт*ч до обычного тарифа 3,4 руб. за 1кВт*ч, а дотации введены не были. [Бокова, Стоянова, Казаченко и др., 2010].

Развитие солнечной энергетики целесообразно при высокой инсоляции (количество излучения, падающее на землю за единицу времени). Среднегодовая инсоляция в Крыму составляет 5,5 кВт*ч/м^2 в день. Это позволяет с использованием производимых в РФ конструкций гелиоколлекторов получать в летний день 80–120 литров горячей воды (50–60 ^{o}C) с 1 м^2 гелиополя.

В Крыму угол падения солнечных лучей на земную поверхность в полдень летом составляет 60–68 градусов, а зимой – 22–30 градусов. Поэтому в Крыму летом солнечной энергии поступает примерно в 10 раз больше, чем зимой. Кроме того, летние и зимние месяцы в Крыму также сильно отличаются по числу солнечных дней (см. рис.2). Согласно рис. 2, более 90 % солнечных дней в Крыму приходится на период с апреля по октябрь.

Экономическую эффективность гелиоколлекторов обеспечивает снижение затрат населения на электроэнергию при ее цене 4 руб. за 1кВт*ч. Экономическая эффективность использования солнечной энергии для целей горячего водоснабжения может быть оценена также по критерию замещения солнечными установками условного топлива на выработку одного кВт*ч электроэнергии (около 0,3 кг). Для нагрева 1м^3 воды от 15 °С до 55 °С, т. е. на 40 °С, необходимо затратить 50 кВт*ч электроэнергии. Производимые в РФ конструкции гелиоколлекторов обеспечивают КПД не ниже 0,6. Отсюда при замещении электрического нагрева воды солнечными установками срок окупаемости при эксплуатации только за сезон май-сентябрь (без учета повышения стоимости электроэнергии) составит около пяти лет (сезонов) при общем сроке эксплуатации не менее 10–15 лет [Макаров, Дологланян, 1992].

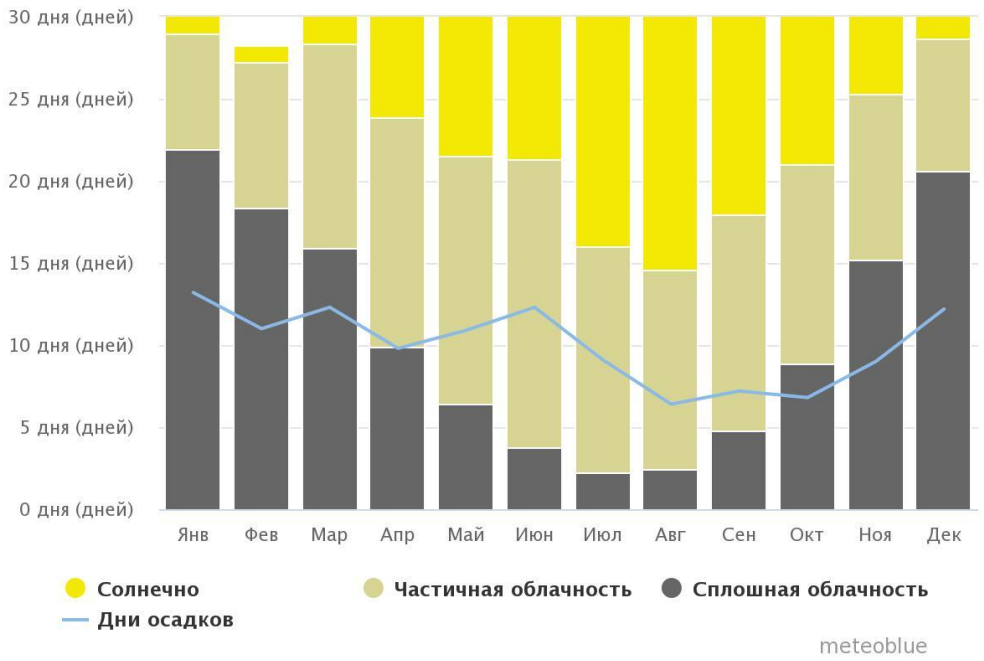


Рис. 2. Распределение ясных и облачных дней по месяцам года в Крыму [Климат Крым.]
Fig. 2. The distribution of clear and cloudy days by months of the year in Crimea [Klimat Krym.]

Особенности, преимущества и недостатки биогазовой энергетики

Биогаз из агропромышленных и твердых бытовых отходов является перспективным видом ВИЭ. В биогазовых установках применяется первичное сырье, которое является отходами и обычно загрязняет окружающую среду: экскременты животных и другие отходы агропромышленного комплекса, твердые бытовые отходы. Такие органические вещества используются либо отдельно, либо в сочетании с другими субстратами. Биогаз имеет нестабильный состав, похожий на природный газ: метан – 55–75 %, углекислый газ – 25–45 %, а также примеси сероводорода, ароматических углеводородов, азота и др. [Городов, Губин, Матвеев, 2009].

Технология работы биогазовых установок сильно различается в зависимости от используемого типа сырья. Так, при использовании в качестве сырья экскрементов животных, ила очистных сооружений для образования биогаза достаточно поддерживать температуру от 30 до 60 °С. При таком режиме срок ферментации субстрата составляет порядка двух месяцев [Возможности комбинированных биогазовых установок, использующих возобновляемые источники энергии, 2012]. Важным побочным продуктом этого процесса являются органические удобрения.

Для разложения твердых бытовых отходов (далее ТБО) применяется технология пиролиза, требующая поддержания в пиролизных печах высоких температур: от 600 до 1200 °С. Выработка биогаза и сопутствующих продуктов (печного топлива как аналога солярки, а также твердого гудрона как дорожного покрытия) возможна в двух режимах: 500–800 °С, 800–1200 °С. Бóльшую часть конечных продуктов пиролиза в первом режиме составляют печное топливо и твердый остаток, а во втором режиме – биогаз. Сроки разложения отходов в пиролизных печах варьируются от 12 до 36 часов [Гунич, Янчуковская, 2016]. Ввиду высоких температур реакции, для запуска пиролизных установок требуются большие первоначальные затраты энергии на нагрев пиролизных печей.

В настоящее время свалки мусора представляют большую проблему для Крыма: полигоны ТБО полуострова перегружены (70 млн м^3) [Переработка и хранение ТБО в Крыму: история вопроса, перспективы развития]. Такие способы утилизации ТБО как мусоросжигательные заводы своими выбросами загрязняют атмосферу и разрушают озоновый слой, поэтому являются неприемлемыми.

С помощью внедрения биогазовых установок становится возможной почти полная переработка отходов. Экономические выгоды использования биогазовых установок таковы: при переработке тонны отходов вырабатывается 600 кВт*ч электроэнергии и 2 Гкал тепла [Пиролиз: рациональное использование ресурсов и альтернативная энергетика на базе утилизации бытовых и промышленных отходов]. Энергетический потенциал биогаза составляет 5 кВт*ч / м^3 [Электроэнергия из биогаза и применение биогазовой технологии], при этом из тонны сырья (отходов) получается, в среднем, 50 м^3 биогаза [Сырье для биогазовых установок]. Основные плюсы биогазовых установок таковы:

– возобновляемость такого способа генерации энергии обеспечивает человеческая деятельность, непрерывно и в больших количествах производящая отходы, которые являются потенциальным топливом;

– экологичность этого типа установок обусловлена во много раз меньшими выбросами при переработке мусора по сравнению с мусоросжигательными заводами;

– стабильность генерации энергии зависит от наличия сырья. Одна средняя станция способна перерабатывать в сутки 300 тонн бытовых отходов;

– комплексная переработка мусора позволяет уменьшить число свалок [Городов, Губин, Матвеев, 2009].

Основные достоинства получения энергии из биогаза – это экологичность и стабильность генерации, а основные недостатки связаны с подготовкой и транспортировкой отходов, а также медленным разложением сырья.

Таким образом, биогазовые установки превосходят ветровую и солнечную энергетику по своей стабильности и минимуму себестоимости. При этом экономически более выгодной является одновременная выработка газа, тепла, электроэнергии, жидкого топлива, твердого остатка, а также получение органических удобрений. Однако одновременная выработка всех перечисленных выше видов продукции на одной и той же биогазовой установке невозможна. Так, органические удобрения можно получить только в режиме ферментации с температурой от 30 до 60 °С. При температуре выше 100 °С ферментация прекращается [Возможности комбинированных биогазовых установок, использующих возобновляемые источники энергии, 2012]. Кроме того, ранее уже указывалось, что выход биогаза, жидкого топлива и твердого остатка также зависит от температурного режима.

При этом разные температурные режимы имеют разные энергозатраты. Так, минимальные затраты энергии присущи режиму ферментации от 30 до 60 °С. В разы бóльших затрат энергии требует средний температурный режим (500–800°С). Еще бóльших (двукратно) затрат энергии требует максимальный температурный режим (800–1200 °С). Таким образом, соотношение разных видов конечных продуктов пиролиза и ферментации зависит от затрат энергии и может изменяться в зависимости от генерации электроэнергии другими источниками. При дефиците энергии для запуска пиролизных установок и нежелании ждать два месяца до окончания ферментации в биогазовых реакторах, есть возможность сушки навоза животных и птиц для последующей загрузки в котлы мини-ТЭЦ. Кроме того, биогаз можно получать при разведении сине-зеленых водорослей в закрытых прозрачным стеклянным куполом прудах [Биотопливо из водорослей, 2016].

В текущий момент времени себестоимость 1кВт*ч электроэнергии биогазовой станции составляет 7 руб., а цена электроэнергии в сети – 4 руб. за 1кВт*ч. Разница себестоимости 1кВт*ч биогазовой энергии и ее цены в сети равна 3 руб. Поэтому реализация биогазовых проектов без субсидий государства нерентабельна. Однако для покрытия превышения себестоимостью биогазовой генерации цены электроэнергии в сети вместо субсидий от государства может быть использована выручка от реализации органических удобрений. Тогда проекты биогазовой генерации будут экономически эффективными даже без субсидий.

Согласно мировому опыту, удельные капиталовложения в биогазовые станции малой мощности составляют €2000–€4500 за 1кВт*ч., а в установки большой мощности

(более 10 МВт) – €1500–€1800 за 1кВт*ч [Электроэнергия из биогаза и применение биогазовой технологии].

Минимальная мощность биогазовой станции составляет 60 кВт*ч. Такая станция уже функционирует в Республике Крым с 2016 года на полигоне ТБО в селе Тургенево Белогорского района. Планируется увеличение мощности станции в 15 раз за счет постройки пяти новых установок на полигоне. В Белгородской области РФ действует более мощная биогазовая станция: в год она из 75000 тонн ТБО вырабатывает 2,4 МВт электроэнергии [В Крыму начали получать электроэнергию из биогаза, 2016].

Условия экономической эффективности и основные элементы системы альтернативной энергетики в Крыму

Обеспечение стабильной генерации в системе альтернативной энергетики Крыма для покрытия потребностей сельских поселений, без вовлечения традиционной генерации, возможно при условии накопления излишков генерации солнечными и ветряными электростанциями, путем выработки биогаза и другого биотоплива.

Ввиду рассмотренных ранее (см. рис. 1, 2) климатических особенностей Крымского полуострова в части сезонности ветров и инсоляции, солнечные и ветряные электростанции в регионе будут иметь излишки в периоды максимальной генерации. Так, летняя инсоляция в Крыму составляет 90 % от годовой, а длительность ветреных дней в зимний период в регионе составляет 70 % от годовой. Отсюда летом в Крыму будут работать солнечные электростанции, а зимой – ветровые. Проблемой являются краткосрочные суточные перепады генерации ветровых и солнечных электростанций.

Таким образом, в Крыму роль накопителя электроэнергии может играть третий тип ВИЭ – биогазовые реакторы [Дадашев, Ванюшкин, 2017]. Как уже указывалось ранее, основным достоинством биогазовых реакторов является стабильность генерации при условии постоянного наличия сырья. Именно биогазовые станции могут обеспечить стабильную выработку электричества при перепадах генерации на солнечных и ветряных электростанциях в коротком и длинном периодах.

Очевидно, что для обеспечения стабильности генерации всей системы альтернативной энергетики региона, выработка электроэнергии биогазовыми станциями должна включаться при критическом снижении объемов солнечной и/или ветровой генерации. Для выполнения этого условия большая часть мощностей солнечной и ветровой генерации должна направляться на выработку биотоплива всех видов на биогазовых станциях. Иначе до 30 % выработанного на них биотоплива будет уходить на поддержание требуемого температурного режима пиролиза или ферментации в зимний период [Пиролиз: рациональное использование ресурсов и альтернативная энергетика на базе утилизации бытовых и промышленных отходов].

Стабилизирующая резервная роль биогазовой генерации для Крыма предполагает, что при активной пиковой солнечной и ветровой генерации в регионе биогазовые установки не простаивают, а вырабатывают биотопливо.

Одна из особенностей биогазовой генерации в том, что один из основных продуктов ее выработки – биогаз – может быть получен в пиролизных установках (800–1200 °С), требующих максимума подвода энергии, либо в биогазовых реакторах в режиме ферментации (30–60 °С), либо в нагретых солнцем закрытых прудах с сине-зелеными водорослями. В результате пиролиза при температуре 500–800°С образуется жидкое топливо, а при сушке навоза в биогазовых реакторах – твердое топливо, пригодное для загрузки в котлы мини-ТЭЦ.

Ранее было указано, что в Крыму летом преобладает солнечная энергия. Очевидно, что солнечная генерация в ночи отсутствует. В то же время известно, что вода является лучшим аккумулятором тепла благодаря ее высокой теплоемкости. Помимо гелиоколлекторов на практике используется решение, называемое «солнечный соляной пруд». Его суть заключается в том, что на дно пруда засыпается соль, которая днем через

воду нагревается солнцем до 100 °С, способствуя накоплению тепла и его длительному сохранению [Осадчий, 2012]. Тепло от солнечного соляного пруда или гелиоколлектора может передаваться к биогазовому реактору с нагретой за день в пруде водой через теплообменник. Помимо этого, теплообменник может передавать тепло воде из водопровода, используемой для бытовых нужд, либо для выработки электроэнергии с помощью малых гидропаровых турбин. Опытный образец гидропаровой турбины был изготовлен ЗАО НПВП «Турбокон» (г. Калуга) [Технология производства электроэнергии с использованием горячей воды водогрейных котлов, 2015].

Все вышеприведенные аргументы касательно системы альтернативной энергетики в Крыму обобщены ниже, на рис. 3.

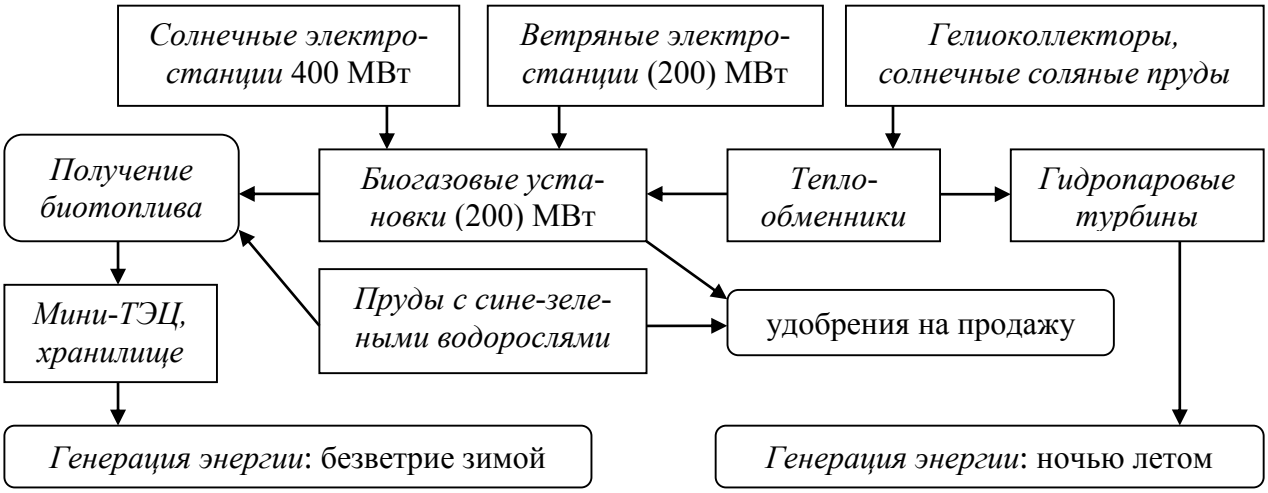


Рис. 3. Конфигурация системы альтернативной энергетики в Крыму, обеспечивающая ее экономическую эффективность

Fig. 3. Configuration of an alternative energy system in Crimea, which provides its economic efficiency

В скобках на рис. 3 показана перспективная мощность биогазовой и ветровой генерации для Крыма – 200 МВт. На текущий момент мощность ветровой генерации в Крыму составляет порядка 80 МВт, а промышленно значимая биогазовая генерация отсутствует. Перспективная мощность в 200 МВт была определена нами, исходя из следующих предпосылок.

Ввиду недавнего запуска двух новых ТЭЦ в Крыму, а также прогноза роста потребления электроэнергии в городах полуострова, независимая от погоды и стабильная биогазовая генерация лучше всего подходит для покрытия дефицита электроэнергии в сельских районах, возникающего также и из-за непогоды. Пиковое потребление электроэнергии в Крыму составляет 1200 МВт*ч [16]. Население Крыма насчитывает до 3 млн чел., в т. ч. в сельских районах – 900 тыс. чел. [Население Крыма и Севастополя]. В Крыму на долю населения приходится до 50 % потребления электроэнергии [Электроэнергетика Крымского полуострова]. Отсюда перспективная мощность биогазовой генерации равна: 0,46 * 1200 * (900 / 2340) = 212 МВт, округленно 200 МВт. Очевидно, что мощность ветровой генерации в Крыму нужно увеличить до этого значения.

Конфигурация экономически эффективной системы альтернативной энергетики в Крыму

Приведенная на рис. 3 конфигурация системы альтернативной энергетики в Крыму нуждается в детализации алгоритма работы этой системы в разных возможных ситуациях, учитывающих неравномерность выработки электроэнергии солнечными и ветровыми установками.

Первый тип возможной ежедневной ситуации – пик выработки в летние месяцы солнечной генерации. В этом случае все мощности биогазовых установок региона должны

будут генерировать биотопливо, в т. ч. биогаз. Второй тип возможной ежедневной ситуации похож на первый, с той разницей, что при меньшем поступлении энергии солнца из-за переменной облачности вырабатывается печное топливо. Третий тип возможной ежедневной ситуации учитывает то, что зимой в Крыму ветер может дуть без перерыва в течение нескольких суток. Если сила ветра такова, что задействуется 100 % мощностей ветровой генерации региона, то биогазовые станции могут вырабатывать и складировать биогаз и печное топливо без генерации электроэнергии.

Четвертый тип возможной ситуации заключается в том, что при снижении силы ветра и энергии от него до средних величин биогазовые установки вместо биогаза вырабатывают печное топливо. Пятый тип возможной ситуации аналогичен четвертому: при приближении силы ветра и генерации энергии от него к минимуму в биогазовых установках происходит только сушка навоза.

Шестой тип возможной ситуации связан с отсутствием генерации на солнечных электростанциях ночью летом. Аккумулирование тепла в гелиоколлекторах или в солнечных соляных прудах позволяет через теплообменники направлять его на гидропаровые турбины и избегать лишних затрат энергии.

Седьмой тип возможной ежедневной ситуации связан с отсутствием одновременно солнечной и ветровой генерации. В данной ситуации нехватка электроэнергии восполняется за счет ее генерации биогазовыми станциями.

Рассмотренные семь возможных ситуаций формализованы в виде алгоритма работы системы альтернативной энергетики в Крыму (см. рис. 4).

Работоспособность приведенного на рис. 4 алгоритма зависит от внедрения так называемых «умных сетей» (“Smart Grid”). «Умные сети» позволяют перераспределять нагрузку на разные мощности генерации, исходя из изменения выработки и потребления электроэнергии [Умные сети. Интеллектуальные сети электроснабжения]. Для альтернативной энергетики «умные сети» также дают возможность своевременного переключения между видами генерации. При достаточности мощностей это устраняет проблему непостоянства генерации.

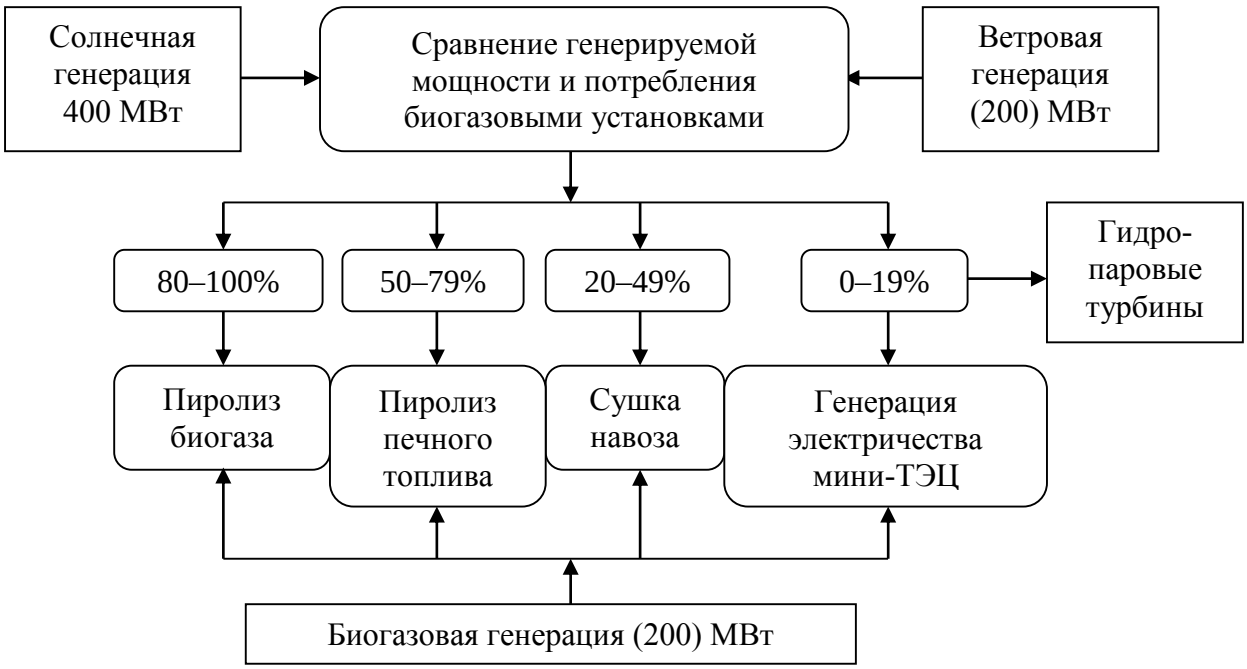


Рис. 4. Алгоритм работы системы альтернативной энергетики в Крыму
Fig. 4. The algorithm of the alternative energy system in the Crimea

Рассчитаем инвестиционные параметры создания экономически эффективной системы альтернативной электроэнергетики в Крыму, показанной на рис. 3. Самый крупный

элемент инвестиционных расходов данной системы – увеличение биогазовой генерации в Крыму в *2000 раз*. Исходя из оценочного размера удельных капитальных затрат в $ 1800 за 1кВт*ч, сооружения новых мощностей генерации в 200 МВт, получаем $ 360 млн. При планируемой мощности генерации в 200 МВт, энергетического потенциала биогаза 5 кВт*ч/м^3 объем требуемой единовременной выработки биогаза составляет 40 тыс. м^3. В среднем одна биогазовая станция способна вырабатывать до двух тонн или 2500 м^3 биогаза в сутки [Технические и эксплуатационные характеристики разных комплектаций пиролизной установки «Пиротекс»]. В то же время требуемая мощность должна выдаваться каждый час. Отсюда находим требуемое количество биогазовых установок в Крыму: 40000 * 24 / 2500 = 384 ед. При этом мощность одной установки составит: 200000 / 384 = 520 кВт.

Вторым элементом инвестиционных расходов на создание экономически эффективной системы альтернативной электроэнергетики в Крыму является увеличение ветровой генерации в регионе в 2,5 раза. Исходя из стоимости $ 1млн за 1МВт, прироста мощности генерации в 120 МВт, получаем $ 120 млн.

Третий элемент инвестиционных расходов связан с сооружением мини-ТЭЦ. В среднем стоимость одной мини-ТЭЦ по РФ составляет $ 180 тыс. [Газовые электростанции 500 кВт]. Мощность одной мини-ТЭЦ составляет 500 кВт. Поэтому количество мини-ТЭЦ аналогично количеству биогазовых станций – 384 единицы. С учетом стоимости единицы, расходы на 384 мини-ТЭЦ составят около $ 70 млн.

Следующий элемент инвестиционных расходов подразумевает строительство солнечных соляных прудов и прудов с сине-зелеными водорослями. Минимальная стоимость строительства одного пруда 100 м^2 составляет $ 15 тыс. [Строительство прудов и водопадов]. При условии по одному солнечному соляному пруду на каждую мини-ТЭЦ плюс столько же прудов с сине-зелеными водорослями, расходы составят $ 12 млн.

Последний важный элемент инвестиционных расходов – гидропаровые турбины. Ввиду отсутствия серийного производства гидропаровых турбин, данные об их стоимости отсутствуют. Основываясь на характеристиках этих турбин, можно предположить, что при аналогичной мини-ТЭЦ мощности (500 кВт), стоимость одной установки составит 50–60 % от стоимости мини-ТЭЦ, т. е. $ 100 тыс. Тогда стоимость 384 гидропаровых турбин составит $ 38 млн.

С учетом текущих реалий, для Крыма $600 млн – огромный объем средств, который привлечь единовременно невозможно. Построить 200 МВт биогазовой и 120 МВт ветровой генерации за один год также нереально.

Поэтому представляется целесообразным растянуть создание целевых мощностей биогазовой и ветровой генерации в Крыму на 10 лет. Немаловажно, что поэтапное инвестирование в данном случае также в разы снижает риски инвестора. Минимальная мощность биогазовой и ветровой генерации низкая. Это дает возможность разделить инвестиции на транши. Тогда каждый ежегодный транш инвестиций будет создавать актив, способный самостоятельно генерировать доход. Если уже построенные мощности приносят доход, инвестор принимает решение о дальнейшем инвестировании, т. е. выделении следующего транша финансирования. Для гарантированного достижения приемлемой рентабельности инвестиций и срока окупаемости (6–8 лет) биогазовой и ветровой генерации желательно установление «зеленого тарифа» на уровне не ниже 8 руб. за 1кВт*ч.

Основные выводы

Изучение особенностей солнечной, ветровой и биогазовой энергетики в целом, а также во взаимосвязи с климатическими особенностями Крыма позволило определить конфигурацию экономически эффективной системы ВИЭ генерации для энергоснабжения сельских районов полуострова. Элементами перспективной системы ВИЭ генерации в Крыму являются: наличные солнечные электростанции (400 МВт), действующие и планируемые ветряные электростанции (200 МВт), планируемые биогазовые установки и мини-ТЭЦ (200 МВт). Помимо этого, в целях повышения экономической эффективности системы ВИЭ генерации в Крыму необходимы

солнечные соляные пруды, пруды с сине-зелеными водорослями, а также гидропаровые турбины и теплообменники для поддержания температурного режима ферментации в биогазовых реакторах и выработки электроэнергии ночью летом.

Обосновано, что главную роль в обеспечении стабильной генерации системы ВИЭ энергетики Крыма играют биогазовые станции. При этом для реализации конфигурации системы ВИЭ генерации мощность биогазовой генерации в Крыму должна быть наращена в 2000 раз. Расчетное количество биогазовых станций и мини-ТЭЦ мощностью 500 кВт каждая составило 384 единицы. С учетом удельных затрат на единицу оборудования, стоимость такого решения составляет $ 430 млн.

Выявлено, что климатические особенности Крыма обеспечивают пик мощности солнечной генерации летом и ветровой – зимой. В период с апреля по октябрь целесообразной является работа солнечных электростанций, а в период с ноября по март – ветровых. Мощности ветровой генерации в Крыму должны быть наращены в 2,5 раза, с 80 до 200 МВт. Стоимость такого решения составляет $ 120 млн.

Обосновано, что ввиду огромной стоимости и требуемой мощности процесс строительства в Крыму новых биогазовых и ветровых электростанций целесообразно растянуть минимум на 10 лет.

В результате анализа возможных типовых ситуаций в энергосистеме из трех видов альтернативной энергии – солнечной, ветровой и биогазовой – сформирован концептуальный алгоритм работы системы ВИЭ генерации в Крыму. Путем соотнесения мощности, генерируемой солнечными и ветровыми установками, с потребностью в ней для работы биогазовых станций, данный алгоритм позволяет выбрать один из четырех возможных режимов биогазовой генерации:

– выработка и складирование биогаза без генерации электроэнергии;

– выработка и складирование печного топлива без генерации электроэнергии;

– генерация электроэнергии биогазовыми установками;

– ферментация биогаза бактериями, сушка навоза или получение удобрений.

Обосновано, что для приемлемой рентабельности и срока окупаемости проектов биогазовой и ветровой генерации необходима выработка и продажа сельскохозяйственным предприятиям органических удобрений, а также введение «зеленого тарифа» на ВИЭ на уровне не ниже 8 руб. за 1кВт*ч.

Список литературы

1. Анализ себестоимости энергии из возобновляемых источников. 2010. URL: http://www.cleandex.ru/articles/2010/08/23/renewables_2009_cost_of_energy.

2. Безруких П.П. 2015. Эффективность возобновляемой энергетики. Мифы и факты. Вестник аграрной науки Дона. № 29. С. 5–17.

3. Биотопливо из водорослей. 2016. URL: http://www.cleandex.ru/articles/2016/01/19/aglae-biofuels.

4. В Крыму начали получать электроэнергию из биогаза. 2016. URL: http://www.interfax.ru/russia/488956.

5. Возможности комбинированных биогазовых установок, использующих возобновляемые источники энергии. 2012. URL: https://www.agroxxi.ru/stati/vozmozhnosti-kombinirovanyh-biogazovyh-ustanovok-ispolzuyushih-vozobnovljaemye-istochniki-yenergi.html.

6. Газовые электростанции 500 кВт. URL: https://www.sklad-generator.ru/elektrostancii/500-kvt/gazovye/.

7. Городов Р.В., Губин В.Е., Матвеев А.С. 2009. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Томск.: Томский политехнический университет. 294 с.

8. Гунич С.В., Янчуковская Е.В. 2016. Анализ процессов пиролиза отходов производства и потребления. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. № 16. С. 86–93.

9. Дадашев Б.А., Ванюшкин А.С. 2017. Биогазовые станции как ключевое звено системы альтернативной энергетики на Крымском полуострове. Актуальные проблемы междисциплинарных исследований истории, культуры и экономики Крыма: материалы всероссийской науч.-практ. конф. 14–15 декабря 2017 г., Симферополь. С. 92–97.

10. Климат Крыма. URL: https://www.meteoblue.com/ru/погода/прогноз/modelclimate/.

11. Копылов А.Е., Зерчанинова И.Л. 2009. Механизм «зеленых» сертификатов возобновляемой энергии и возможности его использования в России. URL: http://esco.co.ua/journal/2009_10/art142.pdf.

12. Макаров В.В., Дологлонян А.В. 1992. Методика определения дневной теплопроизводительности солнечных коллекторов: отчет о НИР. ТЦ «Крым экология». Шифр темы: КРЭК 205/3 ГР№0192U028800. Севастополь, 48 с.

13. Микрогенерация на ВИЭ: мировой опыт и перспективы в России. 2017. Энергетический бюллетень. № 49. с. 14–19. URL: http://ac.gov.ru/files/publication/a/13570.pdf.

14. Никитенко Г.В., Коноплев Е.В. 2008. Ветроэнергетические установки в системах автономного электроснабжения. Ставрополь: АГРУС, 184 с.

15. Население Крыма и Севастополя. URL: http://www.statdata.ru/naselenie-krima-i-sevastopolya.

16. Объем потребления электроэнергии в Крыму достиг предела. URL: https://ria.ru/20170807/1499927795.html.

17. Осьмаков В. 2017. Ватты и технологии 2: барьеры и перспективы развития ВИЭ в России, URL: http://www.forbes.ru/tehnologii /350445-vatty-i-tehnologii-2-barery-i-perspektivy-razvitiya-vie-v-rossii.

18. Осадчий Г.Б. Соляной пруд. Солнечный коллектор и тепловой аккумулятор одновременно. URL: http://portal-energo.ru/ articles/details/id/514.

19. Переработка и хранение ТБО в Крыму: история вопроса, перспективы развития. URL: http://roshlam.ru/news/russia/pererabotka-i-hranenie-tbo-v-krimu-istoriya-voprosa-perspektivi-razvitiya-chast-1.

20. Пиролиз: рациональное использование ресурсов и альтернативная энергетика на базе утилизации бытовых и промышленных отходов. URL: http://www.splainex.com/waste-pyrolysis-rus.htm.

21. Российская возобновляемая энергетика: национальный стартап. 2013. URL: http://www.rusnano.com/upload/images/sitefiles/files/Presentation_ Energy_Efficiency_ENES2013.pdf.

22. Солнечная энергетика в Крыму. URL: http://journal.esco.co.ua/2010_6/art286.pdf.

23. Строительство прудов и водопадов. URL: http://pruddecor.ru/iskusstvennyj-prud-10-10-2m#r4.

24. Сырье для биогазовых установок. URL: http://biogaz-russia.ru/syrje-dlya-biogaza/.

25. Технология производства электроэнергии с использованием горячей воды водогрейных котлов. 2015. URL: http://turboconkaluga.ru/techhot.shtml.

26. Технические и эксплуатационные характеристики разных комплектаций пиролизной установки «Пиротекс». URL: http://www.tkomplex.ru/ru/products/pirotex/pyrolysis-plant-specifications.

27. Умные сети. Интеллектуальные сети электроснабжения URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Smart_Grid.

28. Электроэнергия из биогаза и применение биогазовой технологии. URL: http://biogaz-russia.ru/ehlektroehnergiya-iz-biogaza/.

29. Электроэнергетика Крымского полуострова. URL: http://newsruss.ru/doc/index.php/.

30. Zhiyuan Huang, Xin Li, Melika Mahboub, and etc. 2015. Hybrid Molecule–Nanocrystal Photon Upconversion Across the Visible and Near-Infrared. URL: https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.nanolett.5b02130?journalCode=nalefd.

References

1. Analiz sebestoimosti jenergii iz vozobnovljaemyh istochnikov [Analysis of the cost of renewable energy]. 2010. Available at: http://www.cleandex.ru/ articles/2010/08/23/renewables2009_cost_of_energy.

2. Bezrukih P.P. 2015. Jeffektivnost' vozobnovljaemoj jenergetiki [Efficiency of renewable power. Myths and facts. Don 's Journal of Agrarian Science]. Mify i fakty. Vestnik agrarnoj nauki Dona. № 29. S. 5–17.

3. Biotoplivo iz vodoroslej [Biofuel from seaweed]. 2016. Available at: http://www.cleandex.ru/articles/2016/01/19/aglae-biofuels.

4. V Krymu nachali poluchat' jelektrojenergiju iz biogaza [In Crimea began to receive electricity from biogas]. 2016. Available at: http://www.interfax.ru/russia/488956.

5. Vozmozhnosti kombinirovannyh biogazovyh ustanovok, ispol'zujushhih vozobnovljaemye istochniki jenergii [Capabilities of combined biogas plants using renewable energy sources]. 2012. Available at:

https://www.agroxxi.ru/stati/vozmozhnosti-kombinirovanyh-biogazovyh-ustanovok-ispolzuyushih vozobno vljaemye- istochniki-yenergi.html.

6. Gazovye jelektrostancii 500 kVt [500 kW gas power plants]. Available at: https://www.sklad-generator.ru/elektrostancii/500-kvt/gazovye/.

7. Gorodov R.V., Gubin V.E., Matveev A.S. 2009. Netradicionnye i vozobnovljaemye istochniki jenergii [Alternative and renewable energy sources]. Tomsk: Tomskij politehnicheskij universitet, 294 s.

8. Gunich S.V., Janchukovskaja E.V. 2016. Analiz processov piroliza othodov proizvodstva i potreblenija [Analysis of pyrolysis processes of production and consumption wastes. News of higher education institutions. Applied Chemistry and Biotechnology]. Izvestija vuzov. Prikladnaja himija i biotehnologija. № 16. S. 86–93.

9. Dadashev B.A., Vanjushkin A.S. 2017. Biogazovye stancii kak kljuchevoe zveno sistemy al'ternativnoj jenergetiki na Krymskom poluostrove [Biogas stations as a key link of the alternative energy system on the Crimean peninsula. Topical problems of interdisciplinary research of the history, culture and economy of Crimea: materials of the All-Russian scientific and practical conference]. Aktual'nye problemy mezhdisciplinarnyh issledovanij istorii, kul'tury i jekonomiki Kryma: materialy vserossijskoj nauch.-prakt. konf. 14–15 dekabrja 2017 g. Simferopol'. S. 92–97.

10. Klimat Krym [Climate of the Crimea]. Available at: https://www.meteoblue.com/ru/ pogoda/prognoz/modelclimate/ Krym_Rossija_ 540259.

11. Kopylov A.E., Zerchaninova I.L. 2009. Mehanizm «zelenyh» sertifikatov vozobnovljaemoj jenergii i vozmozhnosti ego ispol'zovanija v Rossii [Mechanism of "green" certificates of renewable energy and possibilities of its use in Russia]. Available at: http://esco.co.ua/journal/2009_10/art142.pdf.

12. Makarov V.V., Dologlonjan A.V. Metodika opredelenija dnevnoj teplo- proizvoditel'nosti solnechnyh kollektorov: otchet o NIR. TC «Krym jekologija» [Method of determining the daily heat and performance of solar collectors: NIR report. Shopping Center Krym ekologiya.]. Shifr temy: KRJeK 205/3 GR№0192U028800. Sevastopol'. 1992. 48 s.

13. Mikrogeneracija na VIJe: mirovoj opyt i perspektivy v Rossii [Microgeneration at RES: world experience and prospects in Russia. 2017. Power bulletin]. Jenergeticheskij bjulleten'. 2017. № 49. s. 14–19. URL: http://ac.gov.ru/files/publication/a/13570.pdf.

14. Nikitenko G.V., Konoplev E.V. 2008. Vetrojenergeticheskie ustanovki v sistemah avtonomnogo jelektrosnabzhenija [Nikitenko G.V., Konoplev E.V. 2008. Wind power plants in autonomous power supply systems. Stavropol: AGRUS]. Stavropol': AGRUS, 184 s.

15. Naselenie Kryma i Sevastopolja [Population of Crimea and Sevastopol. Available at: http://www.statdata.ru/naselenie-krima-i-sevastopolya.

16. Objem potreblenija jelektrojenergii v Krymu dostig predela [Electricity consumption in Crimea reached the limit]. Available at: https://ria.ru/20170807/1499927795.html.

17. Os'makov V. 2017. Vatty i tehnologii 2: bar'ery i perspektivy razvitija VIJe v Rossii [Watts and Technologies 2: Barriers and Prospects for RE Development in Russia]. Forbes. Available at: http://www.forbes.ru/tehnologii /350445-vatty-i-tehnologii-2-barery-i-perspektivy-razvitiya-vie-v-rossii.

18. Osadchij G.B. Soljanoj prud. Solnechnyj kollektor i teplovoj akkumuljator odnovremenno [Salt pond. Solar collector and heat accumulator at the same time]. Available at: http://portal-energo.ru/ articles/details/id/514.

19. Pererabotka i hranenie TBO v Krymu: istorija voprosa, perspektivy razvitija [Processing and storage of TBT in Crimea: history of the issue, prospects for development]. Available at: http://roshlam.ru/news/russia/pererabotka-i-hranenie-tbo-v-krimu-istoriya-voprosa-perspektivi-razvitiya-chast-1.

20. Piroliz: racional'noe ispol'zovanie resursov i al'ternativnaja jenergetika na baze utilizacii bytovyh i promyshlennyh othodov [Pyrolysis: Resource Management and Alternative Energy Based on Domestic and Industrial Waste Management]. Available at: http://www.splainex.com/waste-pyrolysis-rus.htm.

21. Rossijskaja vozobnovljaemaja jenergetika: nacional'nyj startap [Russian renewable energy: a national startup]. 2013. Available at: http://www.rusnano.com/upload/images/sitefiles/files/Presentation_ Energy_Efficiency_ENES2013.pdf.

22. Solnechnaja jenergetika v Krymu [Solar energy in Crimea]. 2010. Available at: http://journal.esco.co.ua/2010_6/art286.pdf.

23. Stroitel'stvo prudov i vodopadov [Construction of ponds and waterfalls.]. Available at: http://pruddecor.ru/iskusstvennyj-prud-10-10-2m#r4.

24. Syr'e dlja biogazovyh ustanovok [Raw materials for biogas plants.]. Available at: http://biogaz-russia.ru/syrje-dlya-biogaza/.

25. Tehnologija proizvodstva jelektrojenergii s ispol'zovaniem gorjachej vody vodogrejnyh kotlov [Hot Water Power Generation Technology for Hot Water Boilers]. Available at: http://turboconkaluga.ru/techhot.shtml, 2015.

26. Tehnicheskie i jekspluatacionnye harakteristiki raznyh komplektacij piroliznoj ustanovki «Piroteks» [Technical and operational characteristics of different sets of pyrolysis plant "Pyrotex"]. Available at: http://www.tkomplex.ru/ru/products/pirotex/pyrolysis-plant-specifications.

27. Umnye seti. Intellektual'nye seti jelektrosnabzhenija [Umnye seti. Intellektual'nye seti jelektrosnabzhenija]. Available at: http://www.tadviser.ru/index.php/ Stat'ja:Smart_Grid.

28. Jelektrojenergija iz biogaza i primenenie biogazovoj tehnologii [Jelektrojenergija iz biogaza i primenenie biogazovoj tehnologii]. Available at: http://biogaz-russia.ru/ehlektroehnergiya-iz-biogaza/.

29. Jelektrojenergetika Krymskogo poluostrova [Jelektrojenergetika Krymskogo poluostrova]. Available at: http://newsruss.ru/doc/index.php/.

30. Zhiyuan Huang, Xin Li, Melika Mahboub, and etc. 2015. Hybrid Molecule–Nanocrystal Photon Upconversion Across the Visible and Near-Infrared. Available at: https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.nanolett.5b02130?journalCode=nalefd.

Ссылка для цитирования статьи
Reference to article

Ванюшкин А.С., Дадашев Б.А. 2020. Экономическая эффективность конфигурации системы альтернативной энергетики в Крыму. Экономика. Информатика. 47 (1): 67–81. DOI:

Vanushkin A.S., Dadashev B.A. 2020. Economic efficiency of configuration of alternative energy system in Crimea. Economics. Information technologies. 47 (1): 67–81 (in Russian). DOI:

УДК 332.02
DOI

ИНСТРУМЕНТЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО БЕНЧМАРКИНГА УНИВЕРСИТЕТСКИХ СИСТЕМ

INSTRUMENTS FOR TERRITORIAL BENCHMARKING OF UNIVERSITY SYSTEMS

Московкин В.М., Лю Явэй., Украинский П.А.
Moskovkin V.M., Liu Yawei, Ukrainskiy P.A.

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

Belgorod National Research University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: moskovkin@bsu.edu.ru

Аннотация
Для бенчмаркинга региональных университетских систем предложен агрегированный показатель, рассчитываемый на основе трех интегральных показателей регионального университетского потенциала – показатель публикационной активности и цитируемости по базе данных РИНЦ, показатель конкурентоспособности, рассчитываемый на основе университетских рейтингов «Эксперт РА», «Интерфакс» и «Webometrics», показатель нематериальных активов университетов региона (иноязычные версии сайтов и социальные сети). Расчеты по этому показателю проделаны для регионов ЦФО РФ. На их основе проделана картографическая кластеризация регионов ЦФО РФ. Построена схема региональной университетской системы, как части региональной инновационной системы, к которой применены процедуры регионального университетского бенчмаркинга, организации кооперационных взаимодействий и университетского стратегического менеджмента. Процедуры регионального университетского бенчмаркинга предлагается размещать на региональных и федеральной онлайновых университетских платформах.

Abstract
This paper proposes aggregated indicator for benchmarking regional University systems. The indicator is calculated on the basis of three integral indicators of regional University potential. They are RSCI publication activities and citations indicator, competitiveness indicator that we calculated using University ranking by Expert RA, Interfax, and Webometrics, indicator of intangible assets belonging to the regions Universities (availability of website content in foreign languages and social networks). The indicator was calculated for regions of the Russian Federation Central Federal District. It became the basis for cartographic clusterization of regions from the Central Federal District. This paper proposes the diagram of regional University system as a part of regional innovation system that undergoes procedures of regional University benchmarking, cooperation interaction and University strategic management. We consider it necessary to post Regional University benchmarking procedures on regional and federal online University platforms.

Ключевые слова: региональная университетская система, территориальный бенчмаркинг, интегральный показатель университетского потенциала региона, интерактивная матрица, лучшая университетская практика, ЦФО РФ, онлайновые университетские платформы.
Keywords: regional University system, territorial benchmarking, integral indicator of regional University potential, interactive matrix, the best University practice, the Russian Federation Central Federal District, online University platforms.

Введение

Под региональной университетской системой (РУС) будем понимать систему взаимодействующих между собой университетов региона, которые могут также

взаимодействовать с университетами других регионов. Такую систему можно, естественно, рассматривать как подсистему региональной инновационной системы.

Для отслеживания эффективности развития РУС необходимо иметь интегральный показатель регионального университетского потенциала или конкурентоспособности. В работах [Московкин, Лю Явэй, 2017] нами были разработаны три разных интегральных показателя университетского потенциала региона.

Первый показатель являлся региональным показателем публикационной активности и цитируемости (**I**$_{\textbf{pub}}$.). Для его расчета были пронормированы значения всех 36 индикаторов РИНЦ на их максимальные значения по выборке 18 регионов ЦФО РФ и подсчитаны средние арифметические значения нормированных индикаторов [Московкин, Лю Явэй, 2017.]. Сбор данных ринцовских индикаторов проводился в период с 27.12.2016 по 03.02.2017 [Московкин, Лю Явэй, 2017]. Отметим, что сравнительный анализ наукометрических показателей регионов изучался в работах [Московкин, Лю Явэй, 2019; Бейзеров, 2013].

Второй показатель – университетская конкурентоспособность – рассчитывался по формуле [Московкин, Лю Явэй, 2018]

$$I_{2j} = \sqrt{(\frac{n_j}{n_{\max}})(1-\frac{R_j}{R_{\max}})}, \quad (1)$$

где R_j – средний ранг вузов в j-ом регионе по двум или трём рейтингам «Webometrics», «Эксперт РА», «Интерфакс» (осреднение проводилось за 2016–2017 гг.), n_j – количество вузов в j-ом регионе, $n_{\max}$ – максимальное количество университетов по всей выборке регионов ($n_{\max}$ = 38), $R_{\max}$ – максимальный осредненный университетский ранг по вышеуказаным рейтингам по всей выборке регионов ($R_{\max}$ = 286,5). В этих расчетах допускалось вхождение вузов хотя бы в один из рейтингов «Эксперт РА» и «Интерфакс», а вхождение в рейтинг «Webometrics» было гарантировано для всех вузов.

В настоящее время опубликовано много работ, связывающих конкурентоспособность университетов с их позиционированием в различных рейтингах. Смотрите, например, работы [Бейзеров, 2013; Большова, Харкевич, 2013; Ирхин, 2013].

Третий показатель являлся нормированным агрегированным показателем нематериальных активов университетов по регионам ЦФО РФ:

$$\overline{N_{ia}} = \frac{N_{ia}}{\max_j \{N_{ia}\}}, \quad (2)$$

где j – номер региона, $\max_j \{N_{ia}\}$ = 255. К таким активам отнесены количество иноязычных сайтов и аккаунтов в социальных сетях, приуроченных к русскоязычным сайтам [Московкин, Лю Явэй, 2019].

Важность создания качественных сайтов университетов и их аккаунтов в социальных сетях для повышения имиджа и конкурентоспособности университетов отмечалась в работах [Бакланова, 2011; Карпова, Шульга, Рудникова, 2015].

Методы исследования

Агрегируем три вышеуказанных интегральных показателя с помощью формулы средней арифметической, тогда получим:

$$K_1 = (I_{pub} + I_2 + \overline{N_{ia}})/3. \quad (3)$$

На основе показателя K_1 вычислен удельный показатель рассматриваемого потенциала на 10 млн жителей:

$$K_2 = 10^7 \cdot K_1 / N_{рег.}, \quad (4)$$

где $N_{рег}$ – численность постоянного населения региона на 1 января 2017 г.

К рассчитанным показателям будут применены процедуры картографической кластеризации [Московкин, Муненге, Украинский, 2019], регионального университетского бенчмаркинга, по аналогии с процедурами регионального инновационного бенчмаркинга [Московкин, Раковская-Самойлова, 2005].

Результаты и обсуждение

Исходные данные для расчета агрегированного регионального показателя университетского потенциала (АРПУП) и расчетные значения по нему приведены в таблице 1. В ней значения I_{pub}, I_2, $\overline{N_{ia}}$ заимствованы из ранее указанных работ.

Таблица 1
Table 1

Расчет агрегированных региональных показателей университетского потенциала для регионов ЦФО РФ
Calculation of aggregated regional indicators of university potential for the regions of the Central Federal District of the Russian Federation

Регион	**$I_{pub.}$**	**I_2**	$\overline{N_{ia}}$	K_1	**Численность постоянного населения на 1 января 2017 г.,** $N_{рег}$	K_2
Москва	0,850	0,8442	1,0000	0,8981	12377205	0,7256
Московская область	0,487	0,0000	0,0000	0,1623	7429895	0,2184
Воронежская область	0,350	0,1740	0,1216	0,2152	2334980	0,9216
Ярославская область	0,339	0,1676	0,0745	0,1937	1271263	1,5237
Тульская область	0,251	0,1504	0,0275	0,1430	1499486	0,9533
Тверская область	0,319	0,1460	0,0471	0,1707	1297465	1,3155
Белгородская область	0,346	0,1999	0,0549	0,2003	1552821	1,2897
Владимирская область	0,329	0,1395	0,0235	0,1640	1389840	1,1801
Рязанская область	0,406	0,1769	0,0431	0,2087	1127002	1,8516
Калужская область	0,287	0,0355	0,0000	0,1075	1016468	1,0576
Липецкая область	0,309	0,0719	0,0235	0,1348	1156300	1,1659
Костромская область	0,300	0,0739	0,0118	0,1286	648362	1,9828
Брянская область	0,276	0,0000	0,0078	0,0946	1221072	0,7748
Курская область	0,290	0,1963	0,0588	0,1817	1123165	1,6178
Тамбовская область	0,322	0,1678	0,0745	0,1881	1039514	1,8095
Ивановская область	0,434	0,2191	0,0471	0,2334	1023335	2,2806
Смоленская область	0,303	0,0624	0,0118	0,1257	953080	1,3191
Орловская область	0,245	0,0884	0,0392	0,1242	755348	1,6443

Данные по $N_{рег}$ и расчетные значения показателя K_2 приведены в таблице 1. Ранжированные по регионам ЦФО РФ значения показателей K_1 и K_2 приведены в таблице 2. Из неё видим, что город Москва, лидирующий по показателю K_1, занимает предпоследнее место по показателю K_2 из-за большой численности населения.

На рисунках 1 и 2 показано картирование значений вышеуказанных показателей с помощью открытой равномерной шкалы. Исходные данные обработаны с использованием программы ArcGIS 10.5. Картосхемы созданы в масштабе 1:5000 0000 с применением равнопромежуточной конической проекции. Административные и

государственные границы показаны по состоянию на 2007 год. Регионы России подписаны аббревиатурами в соответствии со стандартом ISO 3166-2: RU.

Таблица 2
Table 2

Ранжировка регионов ЦФО РФ по значениям показателей K_1 и K_2
The ranking of the regions of the Central Federal District of the Russian Federation by the values of indicators K_1 and K_2

Регион	K_1	Регион	K_2
Москва	0,8981	Ивановская область	2,2806
Ивановская область	0,2334	Костромская область	1,9828
Воронежская область	0,2152	Рязанская область	1,8516
Рязанская область	0,2087	Тамбовская область	1,8095
Белгородская область	0,2003	Орловская область	1,6443
Ярославская область	0,1937	Курская область	1,6178
Тамбовская область	0,1881	Ярославская область	1,5237
Курская область	0,1817	Смоленская область	1,3191
Тверская область	0,1707	Тверская область	1,3155
Владимирская область	0,164	Белгородская область	1,2897
Московская область	0,1623	Владимирская область	1,1801
Тульская область	0,143	Липецкая область	1,1659
Липецкая область	0,1348	Калужская область	1,0576
Костромская область	0,1286	Тульская область	0,9533
Смоленская область	0,1257	Воронежская область	0,9216
Орловская область	0,1242	Брянская область	0,7748
Калужская область	0,1075	Москва	0,7256
Брянская область	0,0946	Московская область	0,2184

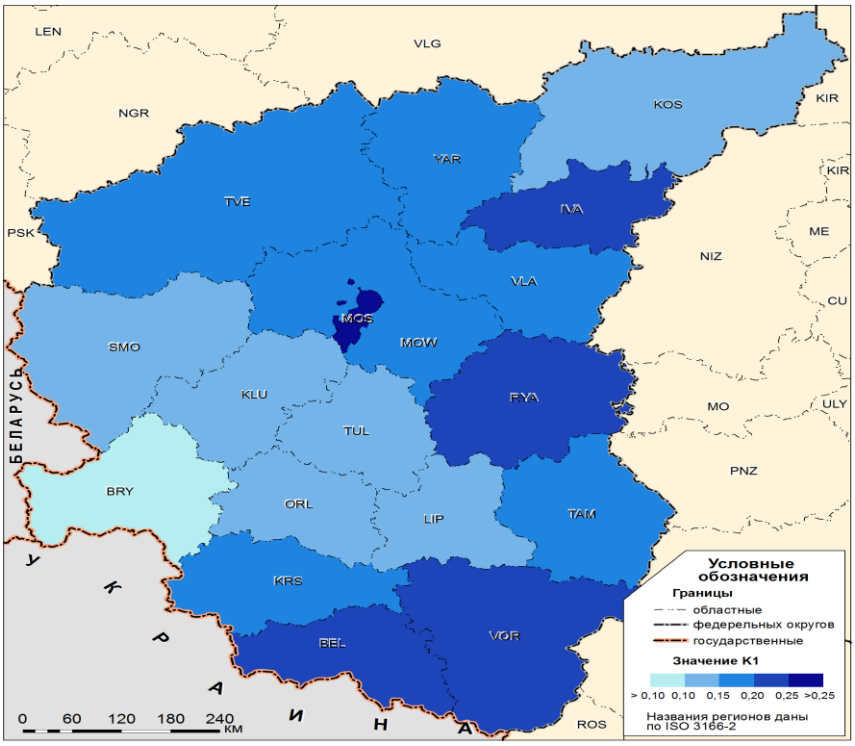


Рис. 1. Кластеризация регионов ЦФО РФ по значениям показателя K_1
Fig. 1. Clustering of regions of the Central Federal District of the Russian Federation by indicator values

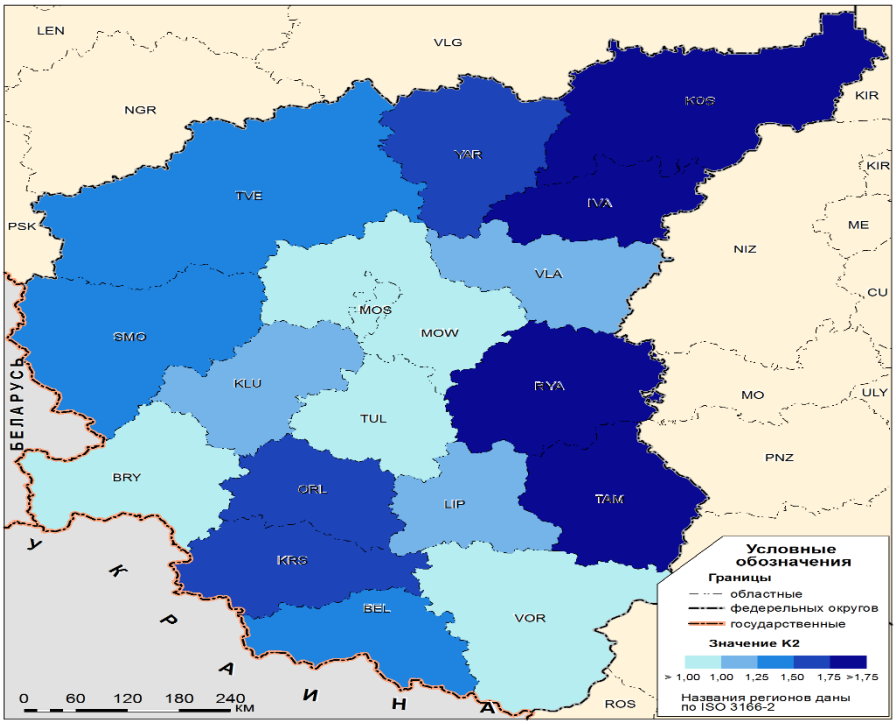


Рис. 2. Кластеризация регионов ЦФО РФ по значениям показателя K_2

Fig. 2. Clustering of regions of the Central Federal District of the Russian Federation by indicator values

Значения исследуемых показателей отображены способом фоновой картограммы. Использованы открытые равномерные шкалы с пятью градациями, причём границы градаций для каждого показателя определялись на основе анализа гистограмм распределения признака, которые были построены в ArcGIS.

Сначала программа настраивалась на отображение границ пяти квантилей, которые она вычисляет самостоятельно. В них размещают одинаковое количество регионов, потом эти границы вручную сдвигаются в большую или меньшую сторону, так чтобы в каждой из внутренних градаций диапазоны значений стали одинаковыми. Возможна также автоматическая сдвижка границ. Данный подход в картографической кластеризации регионов по инновационным показателям предложен в работе [Московкин, Муненге, Украинский, 2019].

Региональную университетскую систему будем рассматривать как составляющую региональной инновационной системы и состоящую из системы университетов региона, к которым применены процедуры регионального университетского бенчмаркинга [Неретина, Макарец, 2009], организации кооперационных взаимодействий и университетского стратегического менеджмента (рис. 3).

В качестве процедур такого бенчмаркинга предлагается использовать расчет на ежегодной основе агрегированного регионального показателя университетского потенциала для всех 18 регионов ЦФО РФ, их сравнительный анализ, выбор эталонных регионов с наибольшими значениями агрегированного регионального показателя университетского потенциала (АРПУП), картирование этого показателя, организацию обмена лучшей университетской практикой, построение интерактивной матрицы лучшей университетской практики. Все эти процедуры и будут составлять основу регионального университетского бенчмаркинга.

Обмен лучшей университетской практикой между университетами одного региона или нескольких регионов позволяет согласовать эти практики и на их основе запустить совместные программы или проекты. Здесь речь идет об организации кооперационных взаимодействий в системе всех регионов ЦФО РФ [Черноухов, 2014].

Через год после запуска совместных программ и проектов, делается перерасчет значений АРПУП, так как предполагается, что реализация совместных программ и проектов улучшит значения этого показателя. Это показано на схеме (рис. 4).

Рис. 3. Региональная университетская система как составляющая региональной инновационной системы, состоящей из системы университетов региона, к которым применяются процедуры регионального университетского бенчмаркетинга, организации кооперационных взаимодействий и университетского стратегического менеджмента

Fig. 3. The regional university system as a component of the regional innovation system, consisting of a system of universities in the region to which the procedures of regional university benchmarking, organization of cooperative interactions and university strategic management are applied

Организация обмена лучшей университетской практикой и запуск совместных программ и проектов, которые будут приводить к новой более продвинутой университетской практике, позволят систематизировать и классифицировать её. Это позволяет перейти к построению интерактивной матрицы лучшей университетской практики.

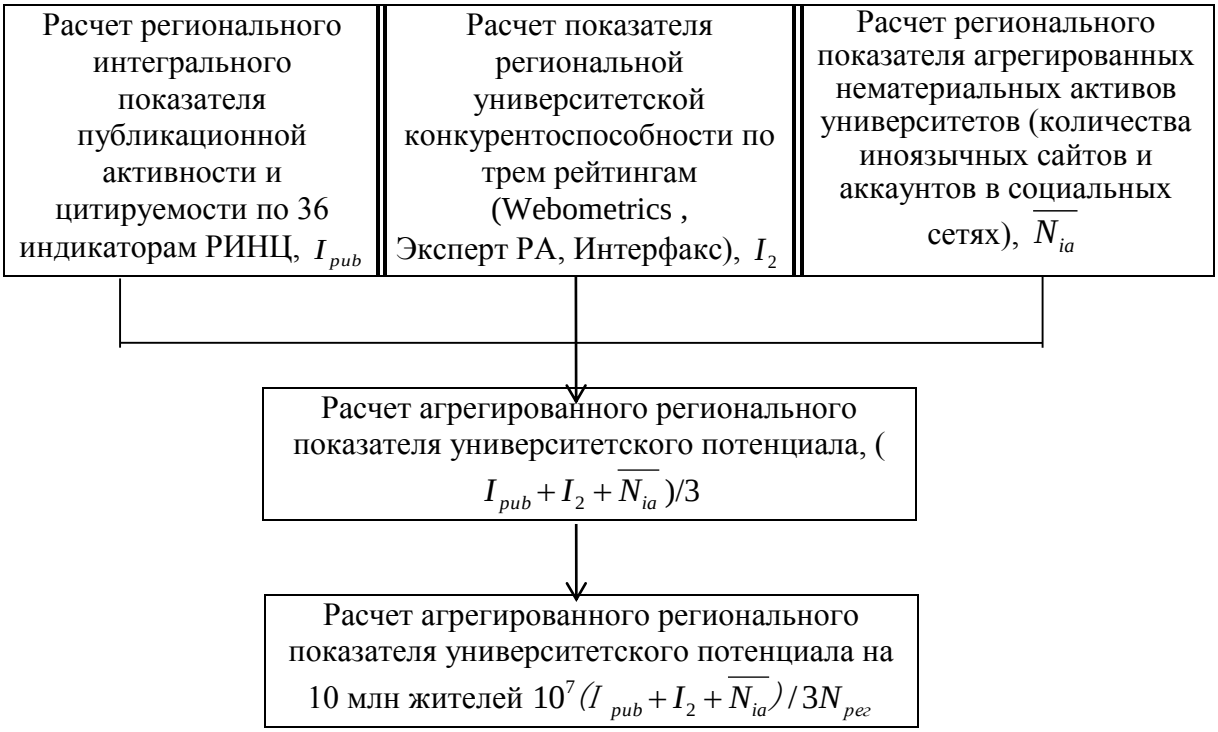


Рис. 4. Расчет агрегированного регионального показателя университетского потенциала (АРПУП)
Fig. 4. Calculation of the aggregated regional indicator of university potential (ARPUP)

В нашем случае интерактивная матрица лучшей университетской практики имеет размерность n×18, где n – число лучших университетских практик, 18 – число регионов ЦФО РФ. Она состоит из интерактивных элементов N_{ij}, которые представляют собой количество университетских практик i-го вида в j-ом регионе (табл. 1).

Таблица 3
Table 3

Интерактивная матрица лучшей университетской практики
University best practice interactive matrix

Номера лучшей университетской практики	Номера регионов ЦФО РФ								
		1	2	3	. . .	j	. . .	17	18
	1	N_{11}	N_{12}	N_{13}	. . .	N_{1j}	. . .	$N_{1,17}$	$N_{1,18}$
	2	.	.	.	. . .	.			
	3	.	.	.		.	. . .		
	. . .								
	i	N_{i1}	N_{i2}	N_{i3}	. . .	N_{ij}	. . .	$N_{i,17}$	$N_{i,18}$
	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .		. . .	. . .
	n	N_{n1}	N_{n2}	N_{n3}		N_{nj}		$N_{n,17}$	$N_{n,18}$

При подведении курсора компьютера к элементу N_{ij} мы можем просмотреть названия и профили соответствующих университетских практик.

Все n видов лучших университетских практик можно разбить, например, на группы: 1. лучшие образовательные практики; 2. лучшие научно-исследовательские практики; 3. лучшие инновационные (внедренческие) практики; 4. лучшие организационно-управленческие практики; 5. лучшие практики по взаимодействию с региональными властями и общественностью.

Такая матрица вместе с расчётом АРПУП на ежегодной основе может служить основой для принятия стратегических управленческих решений, как для отдельных университетов региона, так и для всей региональной университетской системы (рис. 3). Отметим, что близкая по сути методология лежала в основе методологии европейского инновационного бенчмаркинга в начале 2000-х годов, которая была реализована в Европейской инновационной политике [Московкин, Раковская-Самойлова, 2005].

Все процедуры регионального университетского бенчмаркинга целесообразно размещать на региональных и федеральной онлайновых университетских платформах. Известна практика создания региональных онлайновых инновационных платформ в Европе и России [Московкин, Крымский, 2008], которую можно будет использовать при построении онлайновых университетских платформ.

Список литература

1. Бакланова Е.М. 2011. Эффективный маркетинг образовательных услуг в социальных сетях. Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 3 (34): 111–115.
2. Бейзеров В.А. 2013. Конкурентоспособность университетов и мировые рейтинги вузов. Социология образования. 6: 80–90.
3. Большова Н.Н., Харкевич М.В. 2013. Конкурентоспособность университетов в пространстве Интернет. Научная жизнь. 2 (29): 277–279.
4. Ирхин Ю.В. 2013. Индексы и критерии глобальной конкурентоспособности университетов: Сравнительный анализ. Социально-гуманитарные знания. 3: 45–59.
5. Карпова Г.Г., Шульга Т.Э., Рудникова И. Н. 2015. Механизмы оценки активности вузов в интернет-сетях. Экономические и гуманитарные науки. 11 (286): 3–13.
6. Корф В.П. 2014. Оценка конкурентоспособности ведущих российских университетов с использованием метода главных компонент. Бизнес-информатика. 2 (28): 63–71.
7. Медведева Э.А., Водатурская Я.Р. 2013. Оценка эффективности продвижения вуза в социальных сетях. Общество: политика, экономика, право. 4: 96–101.
8. Московкин В.М., Лю Явэй. 2017. Методология оценки региональной публикационной активности и цитируемости на примере университетов Центрального Федерального округа РФ. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 9 (258). 42: 42–51.
9. Московкин В.М., Лю Явэй. 2018. К оценке региональной университетской конкурентоспособности. Научный результат. Серия «Экономические исследования». 4 (1): 35–53.
10. Московкин В.М., Лю Явэй. 2019. Иноязычные сайты и социальные сети университетов: факторы повышения их конкурентоспособности. Научный результат. Серия «Социология и управление». 5 (1): 109–138.
11. Московкин В.М., Муненге С., Украинский П.А. 2019. Картографическая кластеризация инновационной инфраструктуры и инновационной активности регионов России. Оригинальные исследования (ОРИС). 1: 57–94.
12. Московкин В.М., Раковская-Самойлова А.Х. 2005. Меры европейской инновационной политики и идентификация лучшей инновационной практики: опыт для Украины. Бизнес Информ. 3–4: 3–17.
13. Московкин В.М., Крымский И.А. 2008. Российская интерактивная инновационная платформа. Инновации. 3: 49–52.
14. Неретина Е.А., Макарец А.Б. 2009. Web-сайт вуза как важный инструмент маркетинговых коммуникаций. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 41 (174): 85–94.
15. Сацик В.И. 2014. Детерминанты глобальной конкурентоспособности университетов: в поиске эффективной стратегии развития высшего образования на Украине. Вопросы образования. 1: 134–161.

16.Ульянова А.И. 2010. Социальные сети как инструмент управления. Вестник Казанского технологического университета. 8: 125–128.

17.Черноухов Д.Э. 2014. Направления развития официальных веб-сайтов федеральных университетов России в условиях глобального рынка. Документ. Архив. История. Современность. 14: 18–25.

References

1. Baklanova E.M. 2011. Effective marketing of educational services in social networks. Questions of modern science and practice. University named after IN AND. Vernadsky. 3 (34): 111–115. (in Russian)

2. Beyserov V.A. 2013. Competitiveness of universities and world university rankings. Sociology of Education. 6: 80–90. (in Russian)

3. Bolshova N.N., Kharkevich M.V. 2013. Competitiveness of universities in the Internet space. Scientific Life.2 (29): 277–279. (in Russian)

4. Chernoukhov D.E. 2014. Directions for the development of official websites of federal universities of Russia in the global market. Document. Archive. Story. Modernity. Issue. 14: 18–25. (in Russian)

5. Irkhin Yu.V. 2013. Indices and criteria of global competitiveness of universities: Comparative analysis. Socio-humanitarian knowledge. 3: 45–59. (in Russian)

6. Medvedeva E.A., Vodaturskaya Ya.R. 2013. Evaluation of the effectiveness of promoting a university in social networks. Society: Politics, Economics, Law. 4: 96–101. (in Russian)

7. Moskovkin, V.M., Liu Yawei. 2017. Methodology for assessing regional publication activity and citation by the example of universities of the Central Federal District of the Russian Federation. Scientific statements of BelSU. Ser. Economy. Informatics. 9 (258). 42: 42–51. (in Russian)

8. Moskovkin V.M., Liu Yawei. 2018. To the assessment of regional university competitiveness. Scientific Result. Series “Economic Research”. 4 (1): 35–53. (in Russian)

9. Moskovkin V.M., Liu Yawei. 2019. Foreign-language sites and social networks of universities: factors for increasing their competitiveness. Scientific Result. Series “Sociology and Management”. 5 (1): 109–138. (in Russian)

10. Moskovkin V.M., Muneng S., Ukrainian P.A. 2019. Cartographic clustering of innovation infrastructure and innovation activity in Russian regions. Original Research (ORIS). 1: 57–94. (in Russian)

11. Moskovkin V.M., Rakovskaya-Samoilova A.Kh. 2005. Measures of European innovation policy and identification of best innovative practices: experience for Ukraine. Business Inform. 3–4: 3–17. (in Russian)

12. Moskovkin V.M., Krymsky I.A. 2008. Russian Interactive Innovation Platform. Innovations. 3: 49–52. (in Russian)

13. Neretina E.A., Makarets A.B. 2009. Web site of the university as an important tool of marketing communications. Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management. 41 (174): 85–94. (in Russian)

14. Karpova G.G., Shulga T.E., Rudnikova I.N. 2015. Mechanisms for assessing the activity of universities in Internet networks. Economic and Humanities. 11 (286): 3–13. (in Russian)

15. Korf V.P. 2014. Assessment of the competitiveness of leading Russian universities using the principal component method. Business Informatics. 2 (28): 63–71. (in Russian)

16. Satsik V.I. 2014. The determinants of the global competitiveness of universities: In the search for an effective strategy for the development of higher education in Ukraine. Educational Issues. 1: 134–161. (in Russian)

17. Ulyanova A.I. 2010. Social networks as a management tool. Bulletin of Kazan Technological University. 8: 125–128. (in Russian)

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Московкин В.М., Лю Явэй., Украинский П.А. 2020. Инструменты территориального бенчмаркинга университетских систем. Экономика. Информатика. 47 (1): 82–90. Doi:

Moskovkin V.M., Liu Yawei, Ukrainskiy P.A. 2020. Instruments for territorial benchmarking of university systems. Economics. Information technologies. 47 (1): 82–90 (in Russian). Doi:

ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ
PUBLIC AND BUSINESS FINANCE

УДК 336.71
DOI

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ БАНКОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ БАНКОВСКОГО ПРОСТРАНСТВА

FORMATION OF BANKS ECOSYSTEMS IN CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF BANKING SPACE

Н.И. Быканова, Ю.А. Соловей, Д.В. Гордя, Л.А. Коньшина
N.I. Bykanova, J.A. Solovey, D.V. Gordya, L.A. Konshina

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

Belgorod National Research University,
85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: bykanova@bsu.edu.ru, Solovey-Yulichka@mail.ru, daryagordya@mail.ru,
konshina.l1997@gmail.com

Аннотация
В данной статье рассмотрены методические подходы к определению понятия «экосистема» и ее модели. Систематизированы основные тренды создания финансовой экосистемы, представлены формы трансформации бизнес-модели финансовой организации (банка), которые предполагают переход от «классической организации» к «экосистеме». Кроме того, представлены преимущества экосистемы банка с учетом всех основных элементов банковской системы, которые заключаются в формировании банками наборов сервисов для наиболее полного удовлетворения нужд клиента в какой-либо области. Выявлены особенности действующих экосистем как на мировом, так и на отечественном финансовом рынке. На основе проведённого анализа были определены наиболее развитые экосистемы у Сбербанка, Тинькофф Банка, Банка ВТБ в условиях цифровизации банковского пространства. Обоснованы базовые тенденции, которые обеспечат рост интереса банков к экосистемам, а также возможные пути внедрения их в бизнес-модель классических банков.

Abstract
This article discusses methodological approaches to the definition of the concept of "ecosystem" and its models. The main trends of financial ecosystem creation are systematized, forms of transformation of business model of financial organization (bank) are presented, which involve transition from "classical organization" and "ecosystem." In addition, the advantages of the bank 's ecosystem are presented taking into account all the main elements of the banking system, which are the formation by banks of sets of services to most fully meet the needs of the client in any area. Peculiarities of existing ecosystems both in the world and in the domestic financial market have been identified. On the basis of the analysis carried out, the most developed ecosystems were identified at Sberbank, Tinkoff Bank, VTB Bank in conditions of digitalization of banking space. Basic trends are justified, which will ensure the growth of banks "interest in ecosystems, as well as possible ways to introduce them into the business model of classic banks.

Ключевые слова: цифровая экономика, финансовая экосистема, экосистема банков, цифровизация бизнес-процессов.
Keywords: digital economy, financial ecosystem, ecosystem of banks, digitalization of business processes.

Введение

В условиях формирования цифровой экономики рынок финансовых услуг продолжает активно развиваться. Проникновение цифровых технологий во все сферы жизни общества уже достигло определенного уровня и продолжает расти за счет повышения доступности мобильных технологий [Быканова, 2019]. Для того, чтобы успешно встроиться в информационное общество и цифровую экономику, банкам необходимо ускорить смену существующей бизнес-модели и перейти к формированию финансовой экосистемы на базе использования современных цифровых технологий. Ввиду быстроменяющихся пользовательских ожиданий во всех сегментах банковской системы помимо классических банковских услуг банки продвигают клиенториентированные модели бизнеса и стремятся предоставить лучший сервис и удовлетворить запросы клиентов. Многие банки уже выстроили собственные маркетплейсы для предпринимателей, но этого оказалось недостаточно. Поэтому на сегодняшний день особую актуальность приобретает возможность реально увеличить свой доход путем предоставления нестандартных финансовых услуг. Создание финансовой экосистемы становится важным этапом в повышении конкурентоспособности финансово-кредитных организаций и одновременно способом борьбы за клиента. При этом внедрение таких экосистем стало возможным только при условии достаточного уровня развития ИТ-систем, которые позволяют собирать и обрабатывать огромное количество данных о пользователях как онлайн, так и оффлайн, выстраивать эффективные коммуникации по любым доступным каналам и предоставлять множество услуг дистанционно [Дяченко, 2018]. В новой, мобильной реальности банковская система не функционирует за счёт сервиса и потому активно расширяет горизонты возможностей, преобразовываясь в экосистему.

Основные результаты исследования

Термин «экосистема» уже несколько лет используется не только в биологии, но и в бизнесе. О развитии экосистем в бизнесе на Западе впервые заговорили более 20 лет назад, когда рынок частного капитала в России еще находился в стадии формирования.

Существует несколько основных определений термина «экосистема», рассматривающих одну модель с разных точек зрения.

Рис. 1. Понятия «экосистема» с точки зрения экономической науки
Fig. 1. The concept of "ecosystem" in terms of economic science
Источник: по данным [Гайзина, 2017]

Из рисунка 1 видим, что экосистема рассматривается как совокупность участников, взаимодействующих с организацией и прямо или косвенно участвующих в «цепочке ценностей» (вузы, агенты по продаже товаров и услуг, сообщества), а также клиенты. Экосистема как площадка товаров и услуг (marketplace) представляет собой площадку, на которой предлагаются различные интегрированные продукты и услуги, покрывающие максимально широкий спектр клиентских потребностей одного профиля. И, наконец, экосистема как саморазвивающаяся организация – организация, использующая инновационные подходы к управлению и рассматривающая компанию как «живой организм» (в том числе, концепция «бирюзовой организации») [Гайсина, 2017].

С точки зрения бизнес-модели, на рынке существует определенный алгоритм по переходу от концепции «классической организации» к «экосистеме» (рис. 2).

Изменения, которые складываются от перехода классической организации до формирования экосистемы, где клиентам становятся доступными линейка различных продуктов и услуг в «едином цифровом окне», предусматривается возможность гибкой интеграции с партнерами и проявляется синергетический эффект при одновременном использовании нескольких продуктов и услуг, представлены в таблице 1.

Таблица 1
Table 1

Алгоритм по переходу от концепции «классической организации» к «экосистеме»
Algorithm for the transition from the concept of "classical organization" to "ecosystem"

Классическая организация	Цифровая организация	Экосистема
Взаимодействие с клиентом в точках обслуживания	Цифровые каналы продаж и обслуживания (без необходимости посещения отделения)	Широкая линейка различных продуктов и услуг в «едином цифровом окне»
Низкая степень автоматизации	Цифровые end-to-end процессы	Позиционирование как Life-style партнера для клиента
Низкая степень гибкости организации в части адаптации к изменениям	Платформа и культура, предусматривающие гибкую адаптацию к изменениям	Платформа, предусматривающая возможность гибкой интеграции с партнерами (за счет API)
Низкий уровень персонализированного подхода	Использование продвинутой аналитики	Синергетический эффект при одновременном использовании нескольких продуктов и услуг

Источник: по данным [Гайзина Д.В., 2017]

Как правило, выделяется несколько критериев для того, чтобы организации стать «центром экосистемы». Во-первых, у организаций должны быть масштабная клиентская база и высокий уровень доверия с клиентом. Во-вторых, они должны быть открытыми к изменениям и готовыми адаптироваться в меняющейся бизнес-среде. В-третьих, организациям необходимо владеть данными о клиентах и использовать их для повышения эффективности взаимодействия. В-четверых, узнаваемый бренд и позитивное восприятие организации на финансовом рынке.

Таким образом, переход к модели «экосистемы» может осуществляться организациями различных типов: банками, операторами связи, технологическими компаниями.

Сегодня банковская сфера устремилась в создание экосистем вокруг собственных брендов. Сформулировать единое определение термина пока не получается: каждый банк вкладывает в него собственное понимание в меру своих возможностей [Горячева, 2019]. Ключевым фактором в создании экосистем являются клиенты. То, какие продукты разрабатывать и какие партнерства для этого заключать, зависит только от их потребностей.

Для этого банки становятся более чуткими к изменениям в поведении людей: замечают, как они общаются, совершают покупки, ведут бизнес – и реагируют на это. В построении экосистемы кредитные организации выходят за рамки предоставления основных финансовых услуг.

При построении экосистемы необходимо понимать потребности и нужды целевого клиентского сегмента, которые представлены на рис. 2.

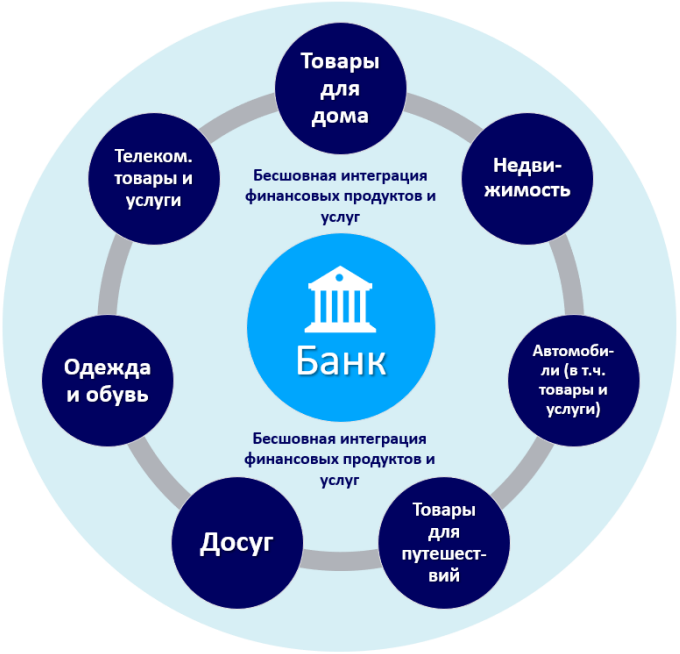


Рис. 2. Пример построения структуры экосистемы банка в розничном сегменте
Fig. 2. Example of bank ecosystem structure construction in retail segment

Суть экосистемы банка – в нужное время предложить человеку то, что закроет его потребности. Например, есть продукт, который предлагает ведение бухгалтерии и пользование банковскими услугами в рамках одной платформы, что чрезвычайно удобно.

Также важным является взаимодействие со своим клиентом. Некоторые банки даже осуществляют переход с мобильного или интернет-банка к созданию универсального и оперативного помощника-чат-бота, который готов в любое время вступить в диалог, чтобы помочь клиенту.

Стремление банков выстроить вокруг себя экосистему – это попытка получить дополнительный источник дохода. Из традиционных финансовых услуг (денежных расчетов, кредитов и вкладов) банки начинают внедрять нефинансовые сервисы: доставку еды, продажу театральных билетов, ремонт квартир, предоставление услуг телефонной связи – и зарабатывать на них. В настоящее время в банковской системе уже внедрены и используются такие элементы как: юридическая помощь, страхование, интернет-магазины, идентификация, киберзащита, налоговый консалтинг, регистрация сделок с недвижимостью, электронные цифровые подписи, подбор недвижимости, рынок b2b, мобильный оператор [Уткин, 2019].

С учетом всех основных элементов банковской системы экосистему банка можно представить следующим образом (рис. 3).

Речь идет о том, что банки формируют наборы сервисов для наиболее полного удовлетворения нужд клиента в какой-либо области. Это может быть недвижимость, ипотека, инвестиции, аренда автомобилей, бронирование отелей, авиабилеты и ЖД билеты. Для клиента главное то, что через одну экосистему он сможет получить доступ ко всем остальным сервисам.

Построение экосистемы и участие в ней открывает перед банками новые горизонты развития. В первую очередь, речь идёт об инвестиционной активности. За счёт привлечения

большого количества самостоятельных участников сокращаются затраты на исследования. В связи с тем, что в экосистему включаются разноплановые бизнес-активности, растёт и креативная составляющая: появляются новые бизнес-идеи, кроме того, многие приходят уже со своими наработками. Всё это позволяет использовать «домашние заготовки» участников экосистемы для продвижения собственного бизнеса.

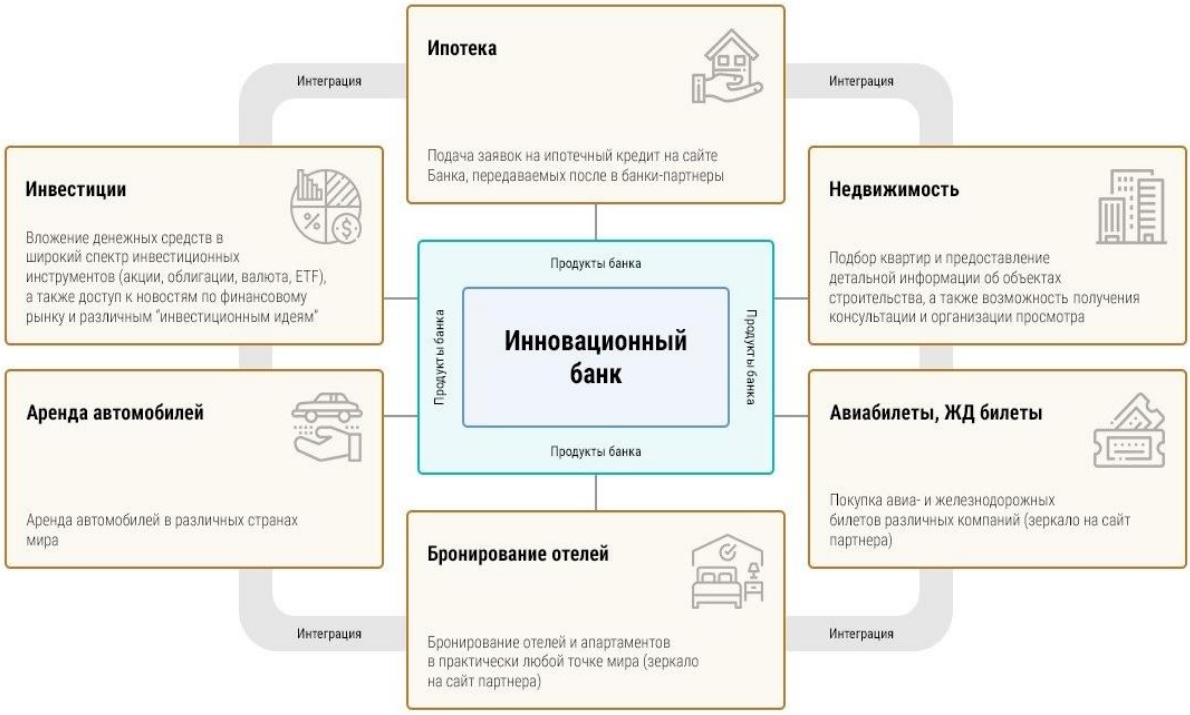


Рис. 3. Пример экосистемы банка
Fig. 3. Example of an ecosystem of bank

Второе немаловажное преимущество – сокращение вывода на рынок новых товаров и услуг за счёт привлечения сторонних разработчиков, организации для них платформы для разработки и экспериментов. Такой подход значительно расширяет охват информатизации бизнес-процессов и позволяет занять лидирующие позиции в технологическом развитии. Третье – улучшение деловой репутации. Предоставление большого количества услуг для клиентов делает бренд более привлекательным и, как следствие, повышает цену компании. В отличие от ситуации, когда компания диверсифицирует бизнес своими силами, в случае с экосистемой срабатывает синергетический эффект – все работают для всех.

Наиболее яркими примерами уже действующих экосистем являются компании Google, Amazon, Alibaba, Яндекс, который под собственным брендом предлагает платёжные карты. Заявил о выпуске брендовой кредитной карты Apple, анонсировал новую криптовалюту Facebook [Романова, 2019].

В Европе действует платежная директива PSD2, которая обязывает банки предоставлять открытый доступ к API, из-за чего их бизнес-модели сильно меняются. Развитие банковского обслуживания в открытом формате (open banking) усиливает конкуренцию за клиента и предъявляет жесткие требования к эффективности сервисов и уровню технической зрелости. Традиционные внутренние инструменты создания продуктов не обеспечивают требуемой скорости и качества изменений, поэтому активно привлекаются финансово-технологические компании. Это несвойственно консервативной банковской сфере и требует смены подхода к оценке института партнерства. Есть и примеры, когда open banking приводит к тому, что крупные игроки перетягивают на себя клиентский поток от мелких [Поляков, 2019].

В России отдельные кредитные организации только оценивают ситуацию, ключевые банки − Тинькофф банк, Сбербанк, ВТБ – уже формируют системы будущего; трансформируют процессы и создают инфраструктуру Альфа-Банк, Газпромбанк, Росбанк. Однако эксперты уверяют, что экосистема цифровой экономики России нуждается в стремительном развитии. Так, в 2016 году первым о создании финансовой экосистемы заявил Сбербанк, затем Тинькофф Банк, а в конце 2018 года к ним присоединился ВТБ (он заказал разработку концепции консалтинговой компании McKinsey за 132 млн руб.). Экосистему для юридических лиц в формате «Клуба клиентов» развивает и Альфа-банк.

Согласно прогнозам Сбербанка, к 2025 году на такие экосистемы придется около 30 % глобальной выручки организаций и более 40 % их общей прибыли. Существуют также прогнозы и от компании KPMG, согласно которым к 2030 году все банки станут для клиентов невидимыми и скроются в электронном формате под видом сервисов, личных помощников и всевозможных приложений [Формирование экосистемы Сбербанка, 2019].

Сейчас реально действующая экосистема есть только у двух кредитных организаций – у Сбербанка и Тинькофф Банка. У госбанка в нее входят такие сервисы, как сотовая связь («СберМобайл»), маркетплейс «Беру!», услуги по хранению данных, бюро кредитных историй, онлайн-кинотеатр «Окко», портал о городских развлечениях «Афиша», сервис доставки еды Delivery Club и т. д. [В ВТБ раскрыли детали создаваемой экосистемы, 2019].

В экосистему Тинькофф Банка входят, в частности, мобильный оператор, сервисы по поиску и оплаты штрафов, хранению документов. Сейчас в мобильном приложении и на сайте банка можно забронировать столик в ресторане, купить билеты на концерт и в кино или театр. Компания не исключает разработку собственных сервисов такси, каршеринга и доставки еды. Кроме того, к этим сервисам присоединилась платформа «Тинькофф Путешествия». [Экосистема Тинькофф: от билетов в кино до оплаты алиментов]. Таким образом, компания продолжает выстраивать свою экосистему вокруг физических лиц, и пока ориентирована на нефинансовые сервисы, связанные с транзакциями счета или карты: покупка билетов, путешествия. Приведем сравнительную характеристику экосистем Сбербанка и Тинькофф банка в таблице 2.

Таблица 2
Table 2

Компании, входящие в экосистемы ПАО Сбербанк и АО «Тинькофф банк»
Companies included in ecosystems of Sberbank and Tinkoff Bank

Услуга	Сбербанк	Тинькофф Банк
Электронная коммерция	Яндекс. Маркет (маркетплейс «Беру»	–
Недвижимость	ДомКлик	Тинькофф Недвижимость
Поиск работы	Rabota.ru	–
Здравоохранение	DocDoc (онлайн-запись пациентов)	–
Путешествия и отдых, лайфстайл	Фудплейс (платформа для ресторанного рынка)	Кассир.ру (продажа билетов на концерты и в театр)
Телеком	Поговорим (виртуальный оператор Теле2)	Тинькофф Мобайл (виртуальный оператор на базе Теле2)
IT	VisionLabs (биометрия), SberCloud (облачный сервис)	–
Бизнес-услуги	Сбербанк-АСТ, Эвотор, Интеркомп)	–
Коммуникации	Dialog	MoneyTalk
Финансовые сервисы	Яндекс. Деньги	Cloudpayments, Тинькофф Брокер
Страхование	Сбербанк Страхование	Тинькофф Страхование

Таблица 2 позволяет сделать вывод, что банк выступает основной платформой экосистемы, на базе которой осуществляется объединение партнёров, оказывающих услуги как финансового, так и нефинансового характера. Сбербанк лидирует по развитию экосистем по сравнению с Тинькофф Банком.

Банк ВТБ разрабатывает стратегию развития партнерских платформ, которая подразумевает создание цифровой банковской экосистемы. В нее войдут сервис по аренде жилья, мобильный оператор, цифровая бухгалтерия и банковский маркетплейс. Цифровая платформа банка ВТБ представлена на рис. 4. [ВТБ создаст собственную экосистему, 2019].

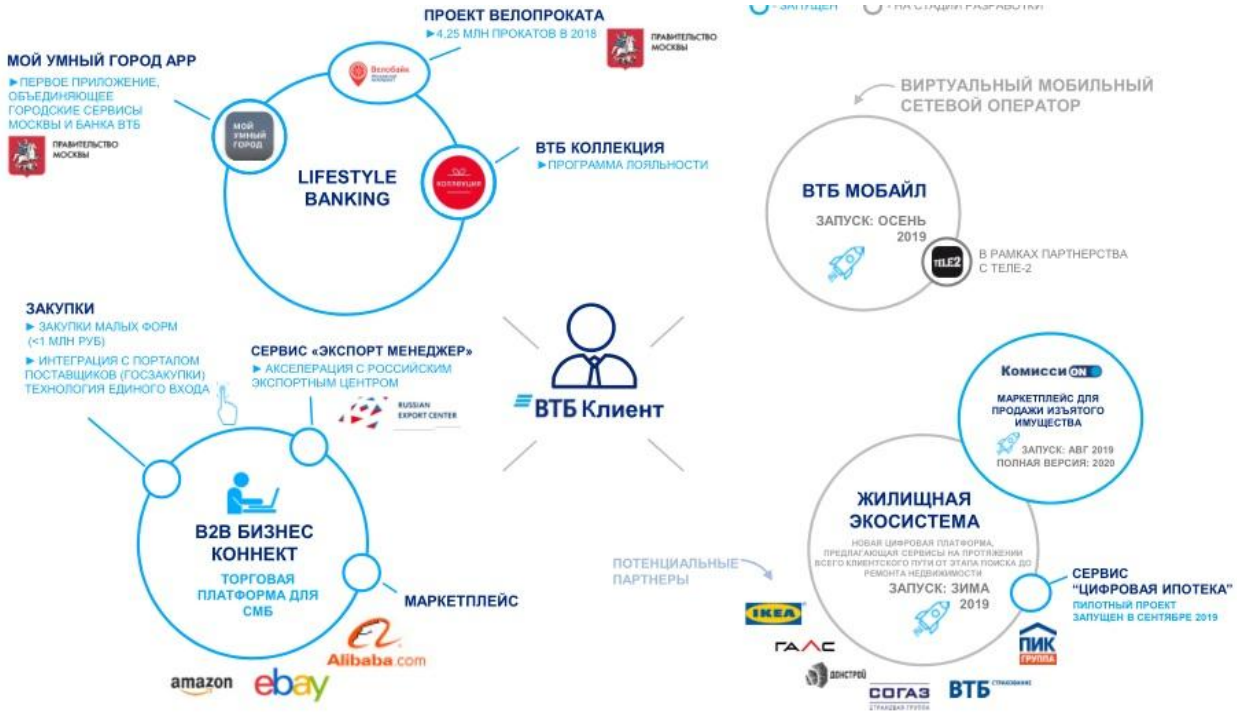


Рис. 4 Экосистема Банка ВТБ (ПАО)
Fig. 4 Ecosystem of VTB Bank

В пилотном режиме развернуты виртуальный оператор «ВТБ Мобайл», маркетплейс банковских услуг «Юником-24», жилищная экосистема и оператор фискальных данных. На подходе цифровая бухгалтерия и B2B-коннект, с помощью которого малый бизнес сможет подключиться к зарубежным торговым площадкам, типа AliExpress, и находить зарубежных поставщиков.

ВТБ рассчитывает к 2020 году запустить проекты в промышленную эксплуатацию, а в 2021–2022 − обеспечить полноценное функционирование экосистемы. По мнению аналитиков, главным продуктом цифровой платформы, скорее всего, будет жилищная экосистема. Это платформа для подбора, финансирования, покупки и регистрации недвижимости, а также ремонта и дальнейшего обустройства [В ВТБ раскрыли детали создаваемой экосистемы, 2019].

Именно высокая вовлеченность данных банков в большое количество сфер жизни общества позволила им существенно нарастить объем доходов. Применение информационных технологий позволяет в короткие сроки запускать новые сервисы, которые интересны как физическим, так и юридическим лицам. Клиент готов и желает получить не просто кредит или услугу по открытию вклада, но также и консультацию юриста, бухгалтера или купить билет в театр, или застраховать недвижимость, или записаться на прием к врачу. Когда банки предлагают расширенный набор опций, лояльность клиента значительно повышается. За счет этого можно получить высокий объем комиссионных доходов. Поэтому только Сбербанк и Тинькофф Банк смогли

продемонстрировать темп роста чистых комиссионных доходов выше 20 % в годовом выражении [Экосистема vs традиционный банкинг, 2015].

В современных условиях развития цифрового пространства аналитики выделяют четыре базовые тенденции, которые обеспечивают рост интереса банков к экосистемам.

Во-первых, это борьба за клиентов. Создавая экосистемы, банки стремятся защититься от онлайн-игроков, которые удовлетворяют потребности клиентов получать все продукты и услуги в одном месте в обход банков.

Другим, не менее важным направлением является изменение мировоззрения клиентов, которые начнут воспринимать банки как организации, где можно получить не только банковские, но и другие услуги.

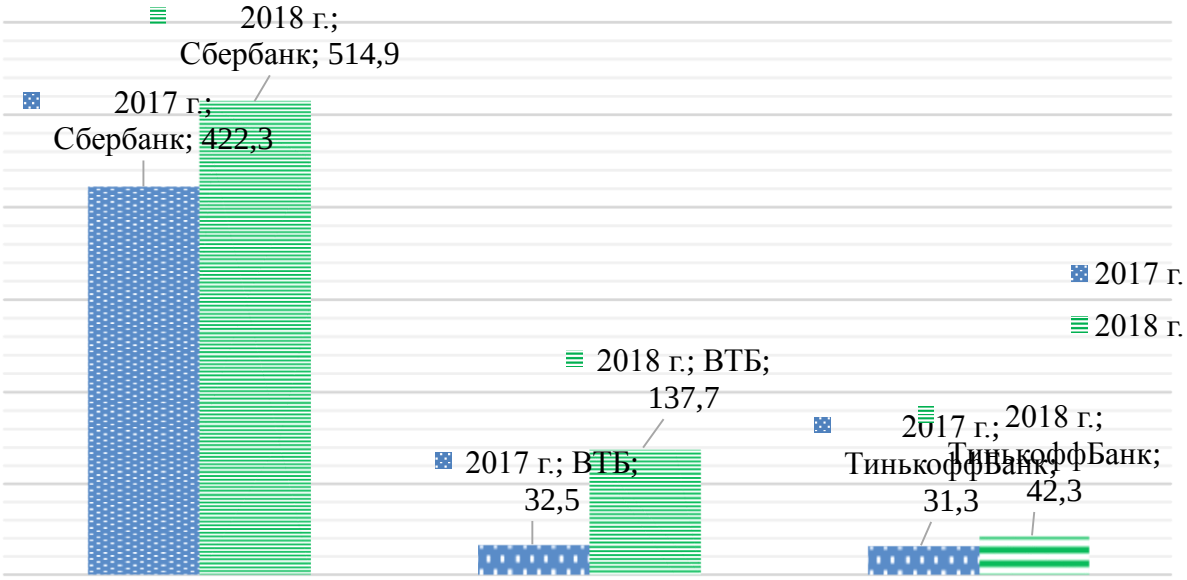


Рис. 5. Динамика комиссионных доходов банков в 2017–2018 гг., млрд руб.
Fig. 5. Dynamics of bank commission income in 2017–2018, billion rubles
Источник: составлено авторами по материалам [В ВТБ раскрыли детали создаваемой экосистемы, 2019; Формирование экосистемы Сбербанка, 2019; Экосистема Тинькофф: от билетов в кино до оплаты алиментов, 2019]

Появление новых возможностей использования данных о клиенте предполагает мониторинг и контроль всех транзакций клиента: какие продукты он покупает, где, в какие магазины, театры ходит, какие мероприятия посещает. Ведь до недавнего времени банки не умели использовать эти данные, но теперь они строят финансовые экосистемы на основе big data.

Как и любое нововведение, экосистема влечёт за собой пока ещё не изученные и неподсчитанные риски, одним из которых является смена менталитета. В классической безопасности упор делается на изолированность обработки информации, её конфиденциальность, а также обеспечение защиты периметра. Компании стремились сохранить свою информацию и не допустить, чтобы любая другая компания её получила. В экосистеме, напротив, есть понимание, что закрытость и концентрация лишь на своём небольшом поле деятельности лишает множества возможностей. Если не обмениваться информацией, то очень просто потерять связь с окружающим миром. Конфиденциальность уходит на второй план − для экосистемы важнее обеспечить целостность и доступность данных.

Ещё одна угроза – проблема построения партнёрских доверительных отношений между всеми участниками экосистемы. Нужно научиться доверять сторонним разработчикам − при условии, что у владельцев информации отсутствует возможность

контролировать процессы разработки приложений и влияние на исправление обнаруженных ошибок и выпуска обновлений. Сторонний разработчик может внести неконтролируемые изменения в своё приложение, а хакер − внедрить код, ворующий данные клиента, в уже готовое приложение участника экосистемы. Такие примеры уже известны, например, хищение средств у клиентов банков группой «предприимчивых разработчиков». Кроме того, высоко влияние одного участника экосистемы на окружение. Сложности и проблемы с одной из частей экосистемы могут привести к нарушению работы экосистемы в целом.

Несмотря на данные угрозы и вызовы, бизнес-модель цифрового банка, очень развитого, очень технологичного, очень быстро адаптирующегося под турбулентность рынка, востребована и актуальна. Она будет абсолютно жизнеспособна в будущем, и, возможно, даже более эффективна, нежели модели классических банковских систем, которые предлагают стандартные банковские услуги.

Заключение

Таким образом, несмотря на то, что в условиях цифровизации экономики формирование экосистемы банков сталкивается с рядом рисков, она необходима, поскольку, учитывая клиентскую базу банков, собственная экосистема положительно скажется на деятельности и капитализации банков. Также в выигрыше останутся и клиенты, вовлеченные в этот процесс: они смогут сэкономить время, получить льготы, быть уверенными в предлагаемом продукте, поскольку доверяют посреднику-банку. Запуск новых направлений позволит банкам увеличить прибыль и укрепить лидирующее положение банков в списке самых дорогих российских компаний.

Список литературы

1. Банковские экосистемы услуг для МСБ. 2019. URL: https://frankrg.com/wp-content/uploads/2019/08/4d3b90efc780.pdf (дата обращения: 16.12.2019 г.).

2. Быканова Н.И., Гордя Д.В., Аль-Саади Моханад Рахим Салим. 2019. Возможности и перспективы развития системы быстрых платежей в России. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Экономика. Информатика. 2019. Т. 46. 2: 257–265.

3. В ВТБ раскрыли детали создаваемой экосистемы. 2019. URL: https://finance.rambler.ru/realty/43063961-v-vtb-raskryli-detali-sozdavaemoy-ekosistemy/ (дата обращения: 17.12.2019 г.).

4. Вестник Банка. Официальный сайт Центрального Банка РФ. 2019. URL: https://cbr.ru/publ/vestnik/year/2019/ (дата обращения: 17.12.2019 г.).

5. ВТБ создаст собственную экосистему. 2019. URL: https://www.rbc.ru/finances/28/01/2019/5c4ee76c9a79471fa4c321b9 (дата обращения: 07.12.2019 г.).

6. Гайсина Д.В. 2017. Трансформация современных бизнес-моделей в сторону экосистем. Система бизнес-моделирования Business Studio. URL: http://www.businessstudio.ru (дата обращения: 15.09.2019).

7. Дроздов Н., Мяло Е. 2016. Экосистемы мира. Москва: ABF, 2016. 239 с.

8. Дяченко О. 2018. Финансовая экосистема: все в одном. Национальный банковский журнал (NBJ). 2018. 5: 82–85.

9. Исследование: 88 % банков нацелены на создание партнерских экосистем и маркетплейсов. 2019. URL: https://cnews.ru/news/line/2019-09-12_issledovanie_ 88_bankov_natseleny (дата обращения: 15.12.2019 г.).

10. Петров Е. Банковская экосистема. Банки строят вокруг своих брендов экосистемы в надежде избежать краха. URL: https://www.dp.ru/a/2019/06/17/Bankovskaja_jekosistema (дата обращения 18.06.2019).

11. Поляков И. Банковская экосистема – модный тренд или стратегическая необходимость? URL: https://www.vedomosti.ru/finance/blogs/2019/06/27/804788-bankovskaya-ekosistema.

12. Тавасиев А.М., Мазурина Т.Ю., Бычков В.П. 2018. Банковское кредитование. Москва. ИНФРА-М, 366 с.

13. Уткин В.С., Юрьева А.А. 2019. Анализ отдельных элементов формирования базиса внутрибанковской экосистемы с учетом современных реалий. Банковское дело. 2019. (305): 14–17.

14. Формирование экосистемы Сбербанка. 2019. URL: https://2017.report-sberbank.ru/ru# sberbank-today (дата обращения: 17.12.2019 г.).

15. Экосистема vs традиционный банкинг. 2019. URL: https://www.banki.ru/news/columnists/ ?id=10905618 (дата обращения: 12.12.2019 г.).

16. Экосистема Тинькофф: от билетов в кино до оплаты алиментов. 2019. URL: https://frankrg.com/7716 (дата обращения: 02.12.2019 г.).

17. Экосистемы Банка РОСБАНК. URL: https://rosbank-dom.ru/ (дата обращения: 17.12.2019 г.).

References

1. Banking service ecosystems for the Small business. Available at: https://frankrg.com/wp-content/uploads/2019/08/4d3b90efc780.pdf (access date: 12/16/2019).

2. Bykanova N.I., Gordya D.V., Al-Saadi Mohanad Rahem. 2019. Opportunities and prospects of the development of real-time gross settlement (RGTS) system in Russia. Scientific reports of Belgorod State University. Economy. Computer science. 2019. V. 46. 2: 257–265.

3. VTB revealed the details of the ecosystem being created. Available at: https://finance. rambler.ru/realty/43063961-v-vtb-raskryli-detali-sozdavaemoy-ekosistemy/ (access date: 12/17/2019).

4. Bulletin of the Bank. The official website of the Central Bank of the Russian Federation. Available at: https://cbr.ru/publ/vestnik/year/2019/ (access date: 12/17/2019).

5. VTB will create its own ecosystem. Available at: https://www.rbc.ru/finances/28/01/2019/ 5c4ee76c9a79471fa4c321b9 (access date: 12/07/2019).

6. Gaysina D.V. 2017. Transformation of modern business models towards ecosystems. System of business modeling Business Studio. Available at: http://www.businessstudio.ru (access date: 09/15/2019).

7. Drozdov N., Myalo E. 2016. Ecosystems of the world. Moscow: ABF, 2016. 239 p.

8. Dyachenko O. 2018. Financial ecosystem: all in one. National Banking Journal (NBJ). 2018.5: 82–85.

9. Research: 88% of banks are aimed at creating partnership ecosystems and marketplaces. Available at: https://cnews.ru/news/line/2019-09-12_issledovanie_88_bankov_natseleny (access date: 12/15/2019).

10. Petrov E. Banking ecosystem. Banks are building ecosystems around their brands in the hope of avoiding collapse. Available at: https://www.dp.ru/a/2019/06/17/ Bankovskaja_jekosistema (access date: 06/18/2019).

11. Polyakov I. Banking ecosystem – a fashion trend or a strategic need? Available at: https://www.vedomosti.ru/finance/blogs/2019/06/27/804788-bankovskaya-ekosistema.

12. Tavasiev A.M., Mazurina T.Yu., Bychkov V.P. 2018. Bank lending. Moscow: INFRA-M, 366 p.

13. Utkin V.S., Yuryeva A.A. 2019. Analysis of the individual elements of the formation of the basis of the intra-banking ecosystem, taking into account modern realities. Banking. 2019. (305): 14–17.

14. Formation of the Sberbank ecosystem. Available at: https://2017.report-sberbank.ru/ru# sberbank-today (access date: 12/17/2019).

15. Ecosystem vs traditional banking. Available at: https://www.banki.ru/news/columnists/ ?id=10905618 (access date: 12/12/2019).

16. Tinkoff ecosystem: from movie tickets to paying child support. Available at: https://frankrg.com/7716 (access date: 12/02/2019).

17. Ecosystems of the ROSBANK. Available at: https://rosbank-dom.ru/ (access date: 12/17/2019).

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Быканова Н.И., Соловей Ю.А., Гордя Д.В., Коньшина Л.А. 2020. Формирование экосистем банков в условиях цифровизации банковского пространства. Экономика. Информатика. 47 (1): 91–100. DOI:

Bykanova N.I., Solovey J.A., Gordya D.V., Konshina L.A. 2020. Formation of banks ecosystems in conditions of digitalization of banking space. Economics. Information technologies. 47 (1): 91–100 (in Russian). DOI:

УДК 519.24
DOI

ОЦЕНКА ЗАТРАТ НА ПРОВЕДЕНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ ПОТРЕБКООПЕРАЦИИ

COST ESTIMATE ON IMPLEMENTATION OF MEASURES, ENSURING INFORMATION SECURITY IN CONSUMER COOPERATION ORGANIZATIONS

М.В. Бирюков, Н.А. Климова, Т.В. Гостищева
M.V. Biryukov, N.A. Klimova, T.V. Gostishcheva

Белгородский университет кооперации, экономики и права,
Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, д. 116а

Belgorod University of Cooperation, Economics & Law, 116a Sadovaya St, Belgorod, 308023, Russia

E-mail: briu@ya.ru, natalya.zadorojnaia@yandex.ru, gtv432@mail.ru

Аннотация
Целью статьи является конкретизация систем оценки затрат на обеспечение информационной безопасности применительно к организациям потребкооперации. В настоящее время вопрос модернизации средств информационной безопасности стоит особенно остро: объем киберпреступлений ежегодно растет, при этом статьи расходов, предназначенные на поддержание информационной безопасности, жестко регламентируются. В работе предложен обзор оценки затрат информационной безопасности применительно к организациям потребкооперации и проведен расчет затрат на модернизацию средств информационной безопасности на конкретном предприятии. Проанализированы ключевые черты организаций потребкооперацией. Произведена выборка удовлетворяющих критериям организаций потребкооперации средств оценки затрат на модернизацию комплекса средств защиты информации. Предложены возможности перераспределения затрат на модернизацию ИБ с целью повышения эффективности информационной безопасности на среднесрочную перспективу. В ходе исследования использовались общенаучные методы (наблюдение, сравнение); экономико-статистические методы обработки данных (группировка, сравнение, анализ воздействия на бизнес (BIA)), анализ причин и следствий, техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности. Результатом исследования является применение предложенного алгоритма оценки ИБ предприятия потребкооперации и оптимизации расходов на модернизацию комплекса средств информационной безопасности.

Abstract
The purpose of this article is particularization of information security cost estimation systems` specification inconsumer cooperation organizations. At the present time the question of information security modernization is very actual: cybercrime rises annually, and the expense items, which aimed at maintaining of information security, are strictly regulated. The article contains review of cost estimates for information security inconsumer cooperation organizations. Also it includes calculation of expenses, which are necessary for information security modernization in a particular institution. The individual features of consumer cooperative organizations are analyzed. A selection of satisfactory organizations was made to assess the costs of upgrading a set of information protection tools. Proposed opportunities to redistribute the costs of modernization and increase the level of security in the medium term. During the study were used general scientific methods (observation, comparison);economic statistical data processing methods (grouping, comparison, business impact analysis (BIA)), cause and effect analysis, maintenance activities designed for ensuring reliability. The result of the study is an application of the proposed information security assessment algorithm, which applies in consumer cooperation organization, and an optimization the costs of information security tools` upgrading.

Ключевые слова: информационная безопасность, оценка затрат информационной безопасности, организации потребкооперации, комплексные системы защиты информации.
Keywords: information security, information security cost estimate, consumer cooperation organizations, integrated information security systems.

Введение

Потребительской кооперацией является система потребительских обществ и их объединений, созданных в целях удовлетворения материальных и иных потребностей их членов.

Задачи потребительской кооперации это:

– создание и развитие организаций торговли;

– закупка у граждан и юридических лиц сельскохозяйственной продукции и сырья, изделий и продукции личных подсобных хозяйств и промыслов, дикорастущих плодов, ягод и грибов, лекарственно-технического сырья с последующей их переработкой и реализацией;

– производство пищевых продуктов и непродовольственных товаров с последующей их реализацией через организации розничной торговли;

– оказание членам потребительских обществ производственных и бытовых услуг [Белгородский областной союз потребительских обществ, 2019].

Потребительские общества составляют основу потребительской кооперации. В настоящее время в системе Центросоюза России существует более 3000 потребительских кооперативов, из которых 77 % приходятся на долю населенных пунктов численностью менее 5000 человек [Вологодский областной союз потребительских обществ, 2019]. Обобщив существенные признаки потребительских организаций в срезе обеспечения информационной безопасности, мы выделили следующие отличительные черты [Бусыгин, 2017]:

– членами потребкооперации являются и могут являться различные социальные и профессиональные группы граждан;

– участники потребкооперации в подавляющей массе не имеют специального образования или подготовки в области защиты информации и информационных технологий;

– на объектах потребкооперации нет возможности установки специальных пропускных пунктов и иных пунктов контроля посещений организации.

Среди информационных объектов организаций потребкооперации главной ценностью являются персональные данные участников, бухгалтерская, экономическая документация и доступ к электронным финансовым потокам [Гордон, 1994]. Оптимизация затрат на кибербезопасность является актуальным вопросом снижения ежегодных затрат организации. Различные аспекты оптимизации затрат на кибербезопасность рассматривались в работах многих зарубежных и отечественных ученых, таких как: Е.В. Касперский, Виндов Снайдер, Брайан Тускан, Мико Хюппонен, Кэти Муссурис, Дженнифер Леггио.

Целью данной статьи является конкретизация систем оценки затрат на обеспечение информационной безопасности применительно к организациям потребкооперации. В ходе исследования использовались общенаучные **методы** (наблюдение, сравнение); экономико-статистические методы обработки данных (группировка, сравнение, анализ воздействия на бизнес (BIA)), анализ причин и следствий, техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности.

Результатом исследования является применение соответствующих средств оценки затрат на модернизацию информационной безопасности организаций потребкооперации и

оптимизация расходов на модернизацию комплекса средств информационной безопасности.

Исходя из существующих признаков организаций потребкооперации оценку затрат для обеспечения информационной безопасности следует вести по следующим критериям:

1. Оценка информационной безопасности (далее ИБ) должна обеспечивать количественную оценку рисков, затрат и последствий проведенных мероприятий.

2. Методика должна обеспечивать прозрачность всех совершаемых операций.

3. Должна быть учтена универсальность методики: применимость к финансовым затратам на приобретение программного, аппаратного обеспечения, обучения персонала и привлечения сторонних специалистов.

4. Необходима возможность моделирования возможных угроз и применения контрмер в рамках заданных алгоритмов.

5. Учитывая вышеизложенное для оценки затрат по обеспечению ИБ организаций потребкооперации возможно проводить по ряду методик, рассмотренных в дальнейшем.

Economic Value Added (EVA, добавленная экономическая стоимость)

Универсальная, ставшая классической методика, применяемая с 1980-х годов. EVA предполагает создание автономной структуры информационной безопасности, обслуживающей исключительно организации и предприятия в рамках одной финансовой сети (в нашем случае потребкооперации). EVA позволяет выводить на самоокупаемость предприятие ИБ за счет обслуживания предприятий внутри сети и варьировать стоимость и количество предлагаемых мер по ИБ, отталкиваясь от конкретных задач и условий организации. Безусловным плюсом подобной методики является автономность работы подразделений ИБ, что сокращает возможные потери данных. Однако данная методика применима исключительно к предприятиям с разветвленной и обширной сетью, что удовлетворяет условиям потребкооперации [Глаголев, Ваганова, 2013].

System Life Cycle Analysis (SLCA, методика анализа жизненного цикла) Данный отечественный метод оценки ИБ основывается на математическом соотношении существующих мер систем защиты информации и сумме возможных рисков и вероятности наступления данных рисков. Выявленные посредством данного метода финансовые потери соотносятся с приемлемым уровнем издержек и формируют расчетную модель «до» и «после» модернизации средств ИБ. Точка пересечения графов существующих и приемлемых рисков формирует будущий объем средств для модернизации комплекса средств защиты информации предприятия [Всероссийская перепись населения, 2019].

SLCA применяется как на этапе проектирования и предварительной оценки эффективности новых систем ИБ, так и для проведения аудита ИБ.

Balanced Scorecard (BSC, комплекс сбалансированных показателей)

Данная методика была разработана в 1990-х годах, ее специфика заключается в учете нематериальных активов: организационные инновации, эмоциональная удовлетворенность сотрудников, эффективность применения ПО и приложений.

BSC группирует показатели ИБ по 4 стратегическим критериям:

–финансы (задачи присутствия организации на рынке, рентабельность, прибыль и пр.);

– рынок сбыта и клиентура (качественные показатели обслуживания клиентов, стратегия освоения новых рынков и пр.);

– процессы (критерии оценки эффективности процессов, таких как время, стоимость, объем рисков и пр.);

– развитие (перспективы и планирование развития с использованием новых технологий, повышение квалификации персонала и пр.)

Данные критерии имеют четкие причинно-следственные связи (например, высококвалифицированный персонал повышает качество обслуживания клиентов) и граф пересечений данных критериев формирует объективную оценку состояния организации и дает возможность оценить необходимые затраты для модернизации ИБ в случае низких

показателей как комплекса критериев, так и частных характеристик [Дементьева, 2018]. Вследствие чего формируется план ИБ по следующим направлениям:

1. миссия (устав организации, фундаментальные принципы);
2. клиенты (задачи поддержки основной деятельности организации);
3. процессы (оценка эффективности процедур внедрения и разработки);
4. технологии (оценка и обоснование эффективности применяемых технологий);
5. организация (критерии эффективности внутренних показателей ИТ подразделений).

BSC применима исключительно для корпораций с разветвленной системой филиалов, потому отвечает требованиям применения в организациях потребкооперации.

Total Cost of Ownership (TCO, Общая стоимость владения)

Основной целью TCO является обнаружение избыточных расходов и оценка возможных мер возврата вложений в организациях.

TCO выявляет составляющие общей стоимости владения организации и разделяет на явные и неявные. Причем на долю последних приходится более двух третей общих затрат.

Явные затраты формируются из стоимости:

– лицензии;

– внедрения;

– обновления;

– сопровождения.

Неявные затраты как правило состоят из:

– затрат на приобретение и обновление оборудования средств ИБ;

– дополнительный софт (системы управления безопасностью, антивирусное ПО, сетевые экраны, VPN маршрутизаторы и пр.);

– персонала (переобучение, трудности работы с новыми средствами ИБ и пр.);

– стоимости возможностей (сумма затрат на возможные альтернативные пути усовершенствования ИБ) [Валовой региональный продукт по субъектам Российской Федерации, 2019].

Показатель TCO рассчитывает сумму всех затрат владения систем КЗИ, превышающую рекомендованное значение, и предлагает план оптимизации расходов.

Для определения затрат на проведение мероприятий по обеспечению информационной безопасности организаций потребкооперации, с поправкой на конкретные технические условия, материальные и персональные возможности можно использовать любую из предложенных методик.

Алгоритм оценки затрат вне зависимости от методологии будет включать следующие шаги [Гордон,1994].

1. Организационные затраты:

– затраты на приобретение технических средств (сервер, ПК, периферийные устройства и пр.);

– приобретение и установка средств защиты информации;

– оплата работы специализированного персонала;

2. Затраты контроля:

– плановые проверки программно-аппаратного комплекса и систем ЗИ;

– оплата работы инспекторов контроля требований;

– проведение аудита.

3. Техническое обслуживание СЗИ:

– затраты на планирование СЗИ;

– техническая поддержка персонала;

– затраты на эксплуатацию контрольно-пропускной системы.

Пример использования методики Total Cost of Ownership для расчета стоимости мероприятий обеспечения ИБ (рис.1).

Рис. 1. Алгоритм переоценки рисков с применением ТСО
Fig. 1. TCO Risk Assessment Algorithm

Объектом расчета затрат на проведение мероприятий по обеспечению информационной безопасности будет вымышленная организация ООО «Кооперация» (любые возможные совпадения случайны и непреднамеренны).

В системе потребительской кооперации трудится более 3,5 тысяч человек. 564 торговых предприятия системы обеспечивают бесперебойную продажу продуктов питания и товаров повседневного спроса, включая собственную продукцию кооперативных промышленных предприятий и общественного питания в 26 муниципальных образованиях области.

– Период анализа – сентябрь – октябрь 2019.
– Основной вид деятельности – розничная торговля товарами.
– Общий годовой доход – 300 млн руб.
– Численность персонала – 3600 чел.
– Средняя заработная плата – 38000 р.

Таблица 1
Table 1

Текущие затраты на приобретение сетевого оборудования
Current costs for the acquisition of network equipment

Оборудование	Затраты, тыс. руб.
Серверы	90
Клиентские ПК	2810
Клиентские мобильные устройства	350
Периферийное оборудование	617
Сетевое оборудование	212
Итого	4079

Методика ТСО позволяет сравнивать текущие затраты на ИБ с эталонными. Основными целями модернизации ИБ являются: модернизация аппаратной базы (табл. 1) антивирусная сетевая защита и система мониторинга доступа к информационным объектам. Соотнеся актуальные требования и показатели ИБ с существующими, мы получили ряд необходимых затрат, представленных в таблицах 2–4.

Таблица 2
Table 2

Затраты на программные средства и оборудование
Software and hardware costs

Категории затрат на аппаратные средства	Текущие, руб.	Эталонные, руб.	Целевые, руб.	Разница между текущими и эталонными, руб.	Разница в %	Разница между целевыми и эталонными, руб.	Разница в %	Разница между целевыми и эталонными, руб.	Разница в %
Покупка оборудования	1909668	1894950	2109357	-14718	-1	214407	11	199689	10
Лизинговые платежи	307521	260480	395 994	-47 041	-15	135514	52	88473	29
Модернизация	67972	258340	57254	190 368	280	-201 086	-78	-10 717	-16
Комплектующие	81 855	36 640	165148	-45 215	-55	128508	351	83292	102
Лицензии	84 530	166 730	108 769	82 200	97	-57 961	-35	24 238	29
Общие затраты	2451546	2 617140	2836522	165 594	7	219 382	8	384 976	16

Таблица 3
Table 3

Затраты на аппаратные средства
Hardware costs

Категории затрат на программное обеспечение и оборудование	Текущие, руб.	Эталонные, руб.	Целевые, руб.	Разница между эталонными и текущими, руб.	Разница в %	Разница между целевыми и эталонными, руб.	Разница в %	Разница между целевыми и текущими, руб.	Разница 8%
Оборудование	2451 546	2617140	2 836 522	165 594	7	219 382	8	384 9/6	16
Программное обеспечение	2 873 1 54	2 040 780	2 262 723	-832 374	-29	221 943	11	-610431	-21
Оборудование ИС	79 617	78690	89 665	-927	-1	10975	14	10048	13
Программное обеспечение ИС	197 240	195 СОО	211 786	-2240	-1	16 786	9	14 546	7
Общие затраты	5 601 557	4 931 610	5 400 695	-669 947	-12	469 085	10	-200 862	-4

Таблица 4
Table 4

Административные затраты
Administrative costs

Финансовые и административные затраты	Текущие, руб.	Эталонные, руб.	Целевые, руб.	Разница между эталонными и текущими, руб.	Разница в %	Разница между целевыми и эталонными, руб.	Разница в %	Разница между ролевыми и текущими, р/б.	Разница в %
Затраты на контроль	388410	199 511	317 198	-188 899	-49	117 688	59	-71211	-18
Административная помощь сотрудникам ИТ	39656	133 007	36 556	93 351	235	-96 451	-73	-3101	-8
Управление активами	70 323	66 504	17 374	-3 819	-5	-49129	-74	-52 949	-75
Бюджетирование	36128	66 504	32 031	30 375	84	-34 502	-52	-4 127	-11
Аудит	18032	33 252	10 023	15 220	84	-23 229	-70	-8 009	-44
Управление приобретением и контрактованием	84 239	133 007	54 290	48 768	58	-78 717	-59	-29 949	-36
Управление вендорами	159 048	33 252	107 883	-125 797	-79	74 632	224	-51165	-32
Общие ежегодные	795 837	665 036	575 326	-130 801	-16	-89 710	-13	-220 511	-28

Заключение

Сопоставляя полученные стоимостные результаты можно сделать выводы о возможной оптимизации административных затрат за счет внедрения автоматизированной системы управления активами (43 %) и снижения показателей простоев (27 %) посредством повышения квалификации персонала. Необходимое увеличение затрат на приобретение аппаратных и программных средств (28 % от ежегодного плана модернизации технических средств) незначительно относительно будущего снижения коэффициента финансовых рисков. Итоговый показатель ТСО в итоге оказался меньше текущего и соответствует изначально планируемым 5–7 % ежегодного дохода, выделяемым на модернизацию программно-аппаратной базы и переобучение персонала.

Список литературы

1. Белгородский областной союз потребительских обществ. Веб-архив. URL: http://web.archive.org/web/20161117065125/http://belops.ru/trade (дата обращения: 01.08.2019).

2. Бусыгин А.Е. 2017. Потребительская кооперация как система в инфраструктуре развития села. Материалы международной научно-практической конференции «Российское село и кооперация: сегодня и завтра». М., «Канцлер», 416.

3. Валовой региональный продукт по субъектам Российской Федерации. Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/vvp/vrp98-17.xlsx (дата обращения: 01.08.2019).

4. Вологодский областной союз потребительских обществ. URL: http://vologdaops.ru/ops/activity.php (дата обращения: 01.08.2019).

5. Всероссийская перепись населения. Том 1. Численность и размещение населения. Группировка сельских населенных пунктов по численности населения по субъектам Российской Федерации. Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/Documents/Vol1/pub-01-07.pdf (дата обращения: 31.07.2019).

6. Глаголев С.Н., Ваганова О.В. 2013. Конкретные детерминанты для структурирования экономики с учетом фактора интеграции. Всемирный журнал прикладных наук. 24 (10): 1322–1329.

7. Гордон Л.А. 1994. Четыре рода бедности в современной России. Социологический журнал. № 4: 1, 2, 5. URL: http://jour.isras.ru/index.php/socjour/article/view/102/104 (дата обращения: 20.06.2019).

8. Дементьева И.Н. 2018. Потребительское поведение населения региона и особенности его адаптации к экономическим условиям кризиса 2014–2015 гг. Вопросы территориального развития. № 3 (43): 8. DOI: 10.15838/tdi.2018.3.43.3. URL: http://vtr.vscc.ac.ru/article/2683/full (дата обращения: 04.07.2019).

9. Демография. Распределение населения по возрастным группам. Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/demo/demo14.xls(дата обращения: 10.02.2020).

10. Демография. Численность и состав населения. Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/demo/demo11.xls(дата обращения: 10.02.2020).

11. Демография. Численность населения. Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/demo/demo11.xls (дата обращения: 10.02.2020).

12. Департамент агропромышленного комплекса и воспроизводства окружающей среды Белгородской области. Информация об области. URL: https://www.belapk.ru/press-centr/informaciya-oboblasti/ (дата обращения: 10.02.2020).

13. Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 13 февраля 2019 г. № 207-р. URL: http://static.government.ru/media/files/UVAlqUtT08o60RktoOXl22JjAe7irNxc.pdf (дата обращения: 10.02.2020).

14. Стратегический менеджмент: теория, методология, практика. 2013. С.Н. Глаголев, Ю.А. Дорошенко, П.П. Табурчак и др. Под ред. Ю.А. Дорошенко. Белгород: Изд-во БГТУ, 166 с.

15. Тверской областной союз потребительских обществ. URL: http://tverops.ru/retail/ (дата обращения: 10.02.2020).

16. Число сельских населенных пунктов и поселков городского типа продолжает снижаться. Демоскоп Weekly. № 475-476. URL: http://www.demoscope.ru/weekly/2011/0475/ barom03.php(дата обращения: 10.02.2020).

References

1. Belgorodskiy oblastnoy soyuz potrebitel'skikh obshchestv [Federal State Statistics Service.]. Available at: http://web.archive.org/web/20161117065125/http://belops.ru/trade (accessed 01.08. 2019).

2. Busygin A.E. 2017. Potrebitel'skaya kooperatsiya kak sistema v infrastrukture razvitiya sela [Consumer cooperation as a system in rural development infrastructure]. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Rossiyskoe selo i kooperatsiya: segodnya i zavtra». M., «Kantsler», 416.

3. Valovoy regional'nyy produkt po subjektam Rossiyskoy Federatsii. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Gross regional product by constituent entities of the Russian Federation. Federal State Statistics Service].Available at: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/vvp/vrp98-17.xlsx. (accessed 01.08.2019).

4. Vologodskiy oblastnoy soyuz potrebitel'skikh obshchestv [Vologda Regional Union of Consumer Societies]. Available at: http://vologdaops.ru/ ops/activity.php (accessed 01.08.2019).

5. Vserossiyskaya perepis' naseleniya. Tom 1. Chislennost' i razmeshchenie naseleniya. Gruppirovka sel'skikh naselennykh punktov po chislennosti naseleniya po sub''ektam Rossiyskoy Federatsii. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [All-Russian population census. Volume 1. The size and distribution of the population. Grouping of rural settlements by population by subjects of the Russian Federation. Federal State Statistics Service]. Available at: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/Documents/Vol1/pub-01-07.pdf (accessed 31.07.2019).

6. Glagolev S.N. Vaganova O.V. 2013. Specific Determinants for Structuring the Economy, Taking into Account the Factor of Integration. World Applied Sciences Journal. 24 (10): 1322–1329. (in Russian)

7. Gordon L.A. 1994. Chetyre roda bednosti v sovremennoy Rossii. Sotsiologicheskiy zhurnal [Four kinds of poverty in modern Russia. Sociological Journal]. № 4: 1, 2, 5. Available at: http://jour.isras.ru/index.php/socjour/article/view/102/104 (accessed 20.06.2019).

8. Dement'eva I.N. 2018. Potrebitel'skoe povedenie naseleniya regiona i osobennosti ego adaptatsii k ekonomicheskim usloviyam krizisa 2014–2015gg [Population and distribution]. Voprosy territorial'nogo razvitiya. № 3 (43): 8. DOI: 10.15838/tdi.2018.3.43.3. Available at: http://vtr.vscc.ac.ru/article/2683/full (accessed 04.07.2019).

9. Demografiya. Chislennost' i sostav naseleniya. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Distribution of population by age groups. Federal State Statistics Service]. Available at: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/demo/demo11.xls (accessed 10.02.2020).

10. Demografiya. Chislennost' naseleniya. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Issues of territorial development]. Available at: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/demo/demo11.xls (accessed 10.02.2020).

11. Demografiya. Raspredelenie naseleniya po vozrastnym gruppam. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Federal State Statistics Service]. Available at: http://www.gks.ru/free_doc/newsite/population/demo/demo14.xls (accessed 10.02.2020).

12. Departament agropromyshlennogo kompleksa i vosproizvodstva okruzhayushchey sredy Belgorodskoy oblasti. Informatsiya ob oblasti [Federal State Statistics Service]. Available at: https://www.belapk.ru/press-centr/informaciya-ob-oblasti/ (accessed 01.08.2019).

13. Pravitel'stvo Rossiyskoy Federatsii. Rasporyazhenie ot 13 fevralya 2019 g. № 207-r [Government of the Russian Federation. Order of February 13, 2019]. Available at: http://static.government.ru/media/files/UVAlqUtT08o60RktoOXl22JjAe7irNxc.pdf (accessed: 31.07.2019).

14. Strategic management: theory, methodology, practice. 2013. S.N. Glagolev, Yu.A. 15. Doroshenko, P.P. Taburchak et al. Ed.Yu. A. Doroshenko. Belgorod: Publishing House of BSTU, 166 p. (in Russian)

15. Tverskoy oblastnoy soyuz potrebitel'skikh obshchestv [Journal of Social Policy Studies.]. Available at: http://tverops.ru/retail/ (accessed: 10.02.2020).

16. Chislo sel'skikh naselennykh punktov i poselkov gorodskogo tipa prodolzhaet snizhat'sya [The number of rural settlements and urban-type settlements continues to decline]. Demoskop Weekly. № 475-476. Available at: http://www.demoscope.ru/ weekly/2011/0475/barom03.php (accessed: 10.02.2020).

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Бирюков М.В., Климова Н.А., Гостищева Т.В. 2020. Оценка затрат на проведение мероприятий по обеспечению информационной безопасности организаций потребкооперации. Экономика. Информатика. 47 (1): 101–109. DOI:

Biryukov M.V., Klimova N.A., Gostishcheva T.V. 2020. Cost estimate on implementation of measures, ensuring information security in consumer cooperation organizations. Economics. Information technologies. 47 (1): 101–109 (in Russian). DOI:

УДК 336.741.225 (470)
DOI

ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВЫХ БАНКОВСКИХ БЛОКЧЕЙН-ГАРАНТИЙ

PROSPECTS FOR DIGITAL BANKING BLOCKCHAIN GUARANTEES

О.М. Коробейникова [1], Д.А. Коробейников [2], Л.И. Стефанович [3]
O.M. Korobeynikova [1], D.A. Korobeynikov [2], L.I. Stefanovich [3]

[1)] Волгоградский государственный технический университет, Россия, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28
[2)] Волгоградский государственный аграрный университет, Россия, 400002, г. Волгоград, просп. Университетский, 26
[3)] Белорусский государственный университет, Беларусь, 220030, г. Минск, пр-т Независимости, 4

[1)] Volgograd State Technical University, 28 Lenina Ave, Volgograd, Russia, 400005
[2)] Volgograd State Agrarian University, 26 Universitetskiy Ave, Volgograd, Russia, 400002
[3)] Belarusian State University, 4 Nezavisimosti Ave, Minsk, Republic of Belarus, 220030

E-mail: korobeinikov77@yandex.ru, l.stefanovich@tut.by

Аннотация
В статье обосновывается, что для упрочения конкурентных позиций в секторах, традиционно занимаемых банками, необходим поиск инновационных продуктов и услуг, форм и методов, основанных на перспективных цифровых технологиях. Рассмотрены рыночные возможности и перспективы традиционного банковского гарантийного инструмента, реализованного на технологии распределенных реестров (блокчейне). Показывается, что цифровые банковские гарантии имеют перспективы для массового использования не только в финансовой среде, в реальном секторе экономики, но и для рынка госзакупок и повышения эффективности государственных расходов. Однако за прошедший с момента первой апробации период цифровая банковская гарантия не стала массовым продуктом и доступна только для крупных и крупнейших субъектов бизнеса. Выявлены причины этого: отсутствие стандартизации и регулирования технологий распределенных реестров; коммерческая затратность проектов блокчейна в целом и цифровой банковской гарантии в частности для мелких и средних финансовых и нефинансовых рыночных субъектов.

Abstract
The article substantiates that in order to strengthen competitive positions in sectors traditionally occupied by banks, it is necessary to search for innovative products and services, forms and methods based on advanced digital technologies. The market opportunities and prospects of a traditional Bank guarantee instrument implemented using distributed Ledger technology (blockchain) are considered. It is shown that digital Bank guarantees have prospects for mass use not only in the financial environment, in the real sector of the economy, but also for the public procurement market and improving the efficiency of public spending. However, since the first testing period, the digital Bank guarantee has not become a mass product and is available only for large and major business entities. The reasons for this are identified: the lack of standardization and regulation of distributed registry technologies; commercial cost of blockchain projects in General and digital banking guarantees in particular for small and medium-sized financial and non-financial market entities.

Ключевые слова: финансы, инновации, банки, банковское дело, банковская гарантия, блокчейн, государственные закупки.
Keywords: finance, innovation, banks, banking, Bank guarantee, blockchain, public procurement.

Введение

Динамичное развитие цифровой экономики в инновационных отраслях и сферах, к которым в первую очередь относится банковский сектор, открывает новые технологические возможности совершенствования традиционных форм банковского бизнеса, его симбиоза с другими направлениями финансовых (небанковских) услуг [Акимова, Волков, 2019б]. Но вместе с тем банковское сообщество обеспокоено экспансией нефинансовых высокотехнологичных компаний в традиционные ниши банковского обслуживания; угроза видится в инновационных цифровых продуктах и путях их предложения пользователям. Для упрочения конкурентных позиций в секторах, традиционно занимаемых банками, необходим поиск инновационных продуктов и услуг, форм и методов, основанных на перспективных цифровых технологиях [Коробейникова, 2012].

Компания Accenture провела глобальное исследование Banking Technology Vision 2019, в котором приняли участие топ-менеджеры и ИТ-менеджеры 748 банков из 30 стран мира. В результате исследования выделены пять трендов, которые названы перспективными для развития банковской сферы в ближайшие годы. Среди них технологии DARQ (включают в себя распределенный реестр (D – DLT), искусственный интеллект (A – Artificial intelligence), расширенную реальность (R – Extended reality), квантовые вычисления (Q – Quantum)), персонализация потребностей клиентов, усиление навыков сотрудников, управление рисками кибербезопасности и перевод большинства услуг в круглосуточный режим. В российском банковском секторе данные направления инновационного развития также оцениваются нами как перспективные [Коробейникова, 2017].

В данной работе рассмотрим рыночные возможности и перспективы традиционного банковского гарантийного инструмента, реализованного на технологии распределенных реестров (блокчейне).

Основные результаты исследования

Современное состояние проблемы. Можно с уверенностью утверждать, что тематика цифровой экономики сегодня является доминирующей в научных публикациях по экономике. Цифровые инновации рассматриваются в качестве главного драйвера экономического роста [Акимова, Волков, 2019а; Popkova et al., 2018]. Теоретическим исследованиям цифровых платформ и экосистем, включающих цифровые финансовые (в том числе и блокчейн) сервисы, посвящены труды [Морозовой и др., 2014; Gawer, Cusumano, 2014; Idris, 2019; Muegge, 2013]. Исследованиями проблем и возможностей применения продуктов, основанных на технологии блокчейна, в денежном обращении, банковском деле занимались российские ученые [Бабкин и др., 2017; Дмитриева, Постолова, 2018; Костенко, Арутюнов, 2018]. Популяризация и промышленная эксплуатация блокчейн-технологий (в числе других стратегических векторов) в России является одним из направлений прорывного цифрового развития в соответствии с приоритетной национальной программой «Цифровая экономика Российской Федерации».

На практике рассматриваемым вопросам также уделяется повышенное внимание. В соответствии с дорожной картой ГК «Ростех» на развитие блокчейна в России до 2024 года планируется потратить 28,4 млрд руб. В частности, на внедрение блокчейна в ЖКХ потребует 475 млн руб., из них 350 млн руб. предполагается потратить на сервис учета и распределения коммунальных платежей, в разработке и внедрении которого планируется участие сотового оператора «МегаФон», а 475 млн руб. – на создание сервиса по сбору информации о потреблении ресурсов, их учету и контролю.

Для генерации и последующей диффузии цифровых инноваций на российский финансовый рынок под эгидой Банка России создана Ассоциация ФинТех (АФТ). На площадке Ассоциации ФинТех российские банки и финтех-компании активно имеют возможности реализовывать пилотные проекты на платформе Мастерчейн. В частности, банки-участники АФТ проводят на Мастерчейне пилотные сделки с электронными закладными, цифровыми гарантиями и аккредитивами, были разработаны прототипы

проектов по выпуску облигаций и учету поставок. АФТ осуществляет перевод банков-участников и депозитариев в промышленный режим учета и хранения закладных.

При поддержке инновационного финансового инкубатора АФТ в начале 2019 года была проведена первая в истории российского рынка коммерческая сделка по выпуску цифровой банковской гарантии. Выпуск цифровых банковских гарантий реализован на базе блокчейн-технологии, которая пока еще мало апробирована на практике, но, по мнению ведущих специалистов [Volkov, 2019; Yudina, 2019], имеет значительный потенциал. По мнению экспертов, успешный старт проекта цифровой банковской гарантии может подтолкнуть рынок к ее активному применению в других направлениях банковского бизнеса [Коробейников, 2014].

Перспективы банковских гарантий на блокчейне. Проекты цифровых банковских гарантий, реализуемые на платформе Мастерчейн, имеют перспективы для массового использования не только исключительно в финансовой среде, но и в реальном секторе экономики. Все банки, участвующие в проекте, хранят данные по выпущенным гарантиям на узлах сети – специальных серверах, к которым обеспечивается совместный доступ всем участникам сети. Взаимодействие между серверами происходит по защищенным узлам и каналам с помощью заранее заданных алгоритмов. В системе предусмотрена возможность масштабирования сети блокчейн в результате подключения новых участников, поскольку в ней применяется единый технологический алгоритм. Централизованное администрирование осуществляет Ассоциация ФинТех, на серверах которой также хранится информация о выданных гарантиях.

Проект по выдаче цифровых банковских гарантий имеет большое значение для рынка госзакупок и повышения эффективности государственных расходов [Скоков, 2012; Скоков, 2018], где использование новых технологий упростит и ускорит получение обеспечения для участия в конкурсе и последующего выполнения заказа. В перспективе это может привести к увеличению доступности банковской гарантии, уменьшению времени оформления и к снижению ее стоимости не только в системе госзакупок, но и в коммерческих негосударственных контрагентских отношениях (например, в коммерческом кредитовании, взаимном страховании [Коробейников, Горелов, 2013]). Это особенно важно, поскольку именно скорость оформления банковского гарантийного продукта сейчас является ключевым конкурентным преимуществом банков для клиентов.

Рынок банковских гарантий в сегменте госзакупок мы считаем одним из наиболее технологичных направлений бизнеса. Благодаря тому, что информация об участниках тендеров находится в открытом доступе, банки могут использовать современные скоринговые технологии при рассмотрении заявки клиента. По оценкам практиков, процедура оформления банковской гарантии занимает в среднем 1 час, минимальное время – 10 минут: через дистанционные каналы обслуживания кредитные организации осуществляют прием обращения, система быстро проводит оценку и формирует решение, банк выпускает гарантию. Однако несмотря на то, что лидеры рынка к настоящему времени уже оцифровали практически весь этот процесс, банковская гарантия продолжала существовать на бумаге. В результате, оперативно получив положительное решение банка об оформлении гарантии, клиенту требовалось как минимум 1–2 дня для того, чтобы получить бумажный оригинал банковской гарантии. Новая технология позволила участникам отойти от традиционных бумажных носителей и перейти полностью в онлайн-формат.

Для банковских клиентов результатом внедрения этой технологии является тот важный момент, что он получает не бумажную гарантию, а ссылку в распределенный реестр, где хранятся сведения, которую он отправляет бенефициару. Бенефициар может самостоятельно проверить достоверность гарантии, зайдя на один из узлов сети с помощью своей квалифицированной электронной подписи. На своей странице он увидит все гарантии, выпущенные в его адрес. Безопасность обеспечивается российскими сертифицированными алгоритмами криптографической защиты информации. В сети блокчейн невозможно изменение хранящихся данных и обеспечивается однозначное соответствие всех документов, в результате чего обеспечивается надежность и безопасность системы. Технология удобна не только высоким уровнем безопасности, но и

тем, что участники могут ее быстро развернуть при минимуме капитальных затрат. Данная инициатива, по нашему мнению, по всем параметрам привлекательнее возможного альтернативного варианта – создания центрального хранилища данных в общегосударственных масштабах. В случае реализации такого проекта участникам рынка потребовалось бы создать центры хранения данных, сформировать команду по управлению и администрированию проекта, создать службу технической поддержки и безопасности, разработать регламенты и технические требования и проч. [Babkin, 2018]. Масштабирование данных процессов на аналоговых (нецифровых) технологиях потребовало бы значительно больших объемов финансирования.

Однако, как показывает практика, за прошедший с момента первой апробации период (более одного года, что для инновации в цифровой экономике является значительным временным лагом) цифровая банковская гарантия не достигла статуса массового банковского продукта и применяется только крупными и крупнейшими субъектами бизнеса. Одной из причин этого мы считаем коммерческую затратность проектов блокчейна в целом и цифровой банковской гарантии в частности для мелких и средних финансовых и нефинансовых рыночных субъектов [Сметанина, Морозова, 2016].

Так, например, Абсолют Банк оценил свои инвестиции в проект на базе АФТ по выпуску цифровых банковских гарантий в сумму около 20 млн руб. со сроком окупаемости менее одного года. Основная статья расходов – покупка серверов для подключения к сети распределенных реестров, настройка и сопровождение необходимой инфраструктуры, изменение технологических процессов банка. При этом имеют место косвенные расходы – закупка расходных материалов для печати и сканирования документов, оплата работы сотрудников и прочие затраты примерно на такую же сумму. Для Абсолют Банка такой размер затрат является приемлемым, поскольку по оценке банка сокращение только прямых расходов на отправку оригиналов документов через курьерскую компанию составляет около 20 млн руб. в год. Использование распределенных реестров позволяет эффективно и с минимальными затратами автоматизировать процесс совершения финансовых операций.

Также проблемой в использовании технологии блокчейн является то, что на российском рынке отсутствует стандартизация и регулирование (как в форме государственного регулирования, так и саморегулирования) технологии распределенных реестров.

Заключение

Таким образом, для упрочения конкурентных позиций банковских организаций в секторах, традиционно ими занимаемых, необходим поиск инновационных продуктов и услуг, форм и методов, основанных на перспективных цифровых технологиях. Такими технологиями являются цифровые технологии, в частности, распределенные реестры (блокчейн). Использование блокчейна для инновирования традиционных банковских гарантийных инструментов выявило положительные рыночные возможности и перспективы. Установлено, что цифровые банковские гарантии имеют перспективы для массового использования не только в финансовой среде, в реальном секторе экономики, но и для рынка госзакупок и повышения эффективности государственных расходов. Перевод банковских гарантий в цифровой блокчейн-формат в перспективе приведет к увеличению доступности банковской гарантии, снижению ее стоимости, а также к сокращению времени оформления, что является ключевым конкурентным преимуществом банков для клиентов. Однако за прошедший с момента первой апробации период цифровая банковская гарантия не стала массовым продуктом и доступна только для крупных и крупнейших субъектов бизнеса. Причинами сложившихся проблем являются отсутствие стандартизации и регулирования технологий распределенных реестров; коммерческая затратность проектов блокчейна в целом и цифровой банковской гарантии в частности для мелких и средних финансовых и нефинансовых рыночных субъектов.

Список литературы

1. Акимова О.Е., Волков С.К. 2019. Исследование современного состояния инновационного предпринимательства в России. Региональная экономика: теория и практика, 17, 4 (463): 733–748.

2. Акимова О.Е., Волков С.К. 2019. Перспективы развития инновационного предпринимательства в России. Наука XXI века: актуальные направления развития, 1–1: 115–118.

3. Бабкин А.В., Буркальцева Д.Д., Пшеничников В.В., Тюлин А.С. 2017. Криптовалюта и блокчейн-технология в цифровой экономике: генезис развития. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки, 10 (5): 9–22.

4. Дмитриева И.Е., Постолова Я.В. 2018. Блокчейн в банковском секторе как элемент цифровой технологии. Экономика и управление: проблемы, решения, 12 (3): 141–144.

5. Коробейникова О.М. 2017. Актуализация концептуальной модели платежного рынка в цифровой экономике. Теория и практика общественного развития, 11: 77–80.

6. Коробейникова О.М. 2012. Современные финансовые технологии оплаты проезда в общественном транспорте: предпосылки развития и действующие механизмы. Государственное управление. Электронный вестник, 31: 15.

7. Коробейников Д.А. 2014. Банковский и кооперативный сельскохозяйственный кредит: механизмы конвергенции. Вестник Брянского государственного университета, 3: 283–288.

8. Коробейников Д.А., Горелов А.Н. 2013. Перспективы взаимного страхования в России. Экономика и предпринимательство, 4 (33): 361–365.

9. Костенко Р.В., Арутюнов В.С. 2018. Блокчейн в мире финансов. Вестник современных исследований, 12.17 (27): 230–232.

10. Морозова И.А., Леонтьева Е.Ю., Сметанина А.И. 2014. Экономика в сетях виртуальности. ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика, 6: 117–126.

11. Скоков Р.Ю. 2012. Диалектика экономической категории «эффективность». Аграрная наука – основа успешного развития АПК и сохранения экосистем: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет: 162–166.

12. Скоков Р.Ю. 2018. Эволюция институтов и механизмов государственного регулирования аддиктивного рынка. Теоретическая экономика, 3 (45): 89–98.

13. Сметанина А.И., Морозова И.А. 2016. Перспективы развития инфраструктурного обеспечения виртуального предпринимательства. Аудит и финансовый анализ, 1: 396-400.

14. Babkin A.V., Burkaltseva D.D., Betskov A.V., Kilyaskhanov H.Sh., Tyulin A.S., Kurianova I.V. 2018. Automation digitalization blockchain: trends and implementation problems. International Journal of Engineering and Technology (UAE). Vol. 7. No 3.14: 254–260.

15. Gawer A., Cusumano M. 2014. Industry Platforms and Ecosystem Innovation. J. Prod. Innov. Management. No 31 (3): 417–433.

16. Idris M. 2019. What's The Difference Between Platform Strategy Vs. Business Strategy Vs. Product Strategy? [Electronic resource]. Available at: http://www.idr.is. (accessed 13.05.2019).

17. Muegge S. 2013. Platforms, Communities and Business Ecosystems: Lessons Learned about Technology Entrepreneurship in an Interconnected World. Technology Innovation Management Review. No 3 (2): 5–15.

18. Popkova E.G., Bogoviz A.V., Ragulina Y.V., Alekseev A.N. 2018. Perspective model of activation of economic growth in modern Russia. Studies in Systems, Decision and Control, 135: 171–177.

19. Volkov S.K., Gushchina E.G., Vitaleva E.M. 2019. Asynchrony formation 4.0 industry in the Russian regions. Regional and Sectoral Economic Studies, 19(2): 45–56.

20. Yudina T.N. 2019. Digital segment of the real economy: digital economy in the context of analog economy. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки, 12(2): 7–18.

References

1. Akimova O.E., Volkov S.K. 2019. Issledovanie sovremennogo sostoyaniya innovacionnogo predprinimatel'stva v Rossii [Research of the current state of innovative entrepreneurship in Russia]. Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika [Regional economy: theory and practice], 17, 4 (463): 733–748.

2. Akimova O.E., Volkov S.K. 2019. Perspektivy razvitiya innovacionnogo predprinimatel'stva v Rossii [Prospects for the development of innovative entrepreneurship in Russia]. Nauka XXI veka: aktual'nye napravleniya razvitiya [Science of the XXI century: current directions of development], 1–1: 115–118.

3. Babkin A.V., Burkaltseva D.D., Pshenichnikov V.V., Tyulin A.S. 2017. Kriptovalyuta i blokchejn-tekhnologiya v cifrovoj ekonomike: genezis razvitiya [Cryptocurrency and blockchain technology in the digital economy: the genesis of development]. Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki [Scientific and technical Bulletin of the Saint Petersburg state Polytechnic University. Economics], 10 (5): 9–22.

4. Dmitrieva I.E., Postolova Ya.V. 2018. Blokchejn v bankovskom sektore kak element cifrovoj tekhnologii [Blockchain in the banking sector as an element of digital technology]. Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya [Economics and management: problems and solutions], 12 (3): 141–144.

5. Korobeynikova O.M. 2017. Aktualizaciya konceptual'noj modeli platezhnogo rynka v cifrovoj ekonomike [Updating the conceptual model of the payment market in the digital economy]. Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya [Theory and practice of social development], 11: 77–80.

6. Korobeynikova O.M. 2012. Sovremennye finansovye tekhnologii oplaty proezda v obshchestvennom transporte: predposylki razvitiya i dejstvuyushchie mekhanizmy [Modern financial technologies of public transport fare payment: prerequisites for development and existing mechanisms]. Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronnyj vestnik [Public administration. Electronic Bulletin], 31: 15.

7. Korobeynikov D.A. 2014. Bankovskij i kooperativnyj sel'skohozyajstvennyj kredit: mekhanizmy konvergencii [Bank and the cooperative agricultural credit: the mechanisms of convergence]. Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Bryansk state University], 3: 283–288.

8. Korobeynikov D.A., Gorelov A.N. 2013. Perspektivy vzaimnogo strahovaniya v Rossii [Prospects for mutual insurance in Russia]. Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economy and entrepreneurship], 4 (33): 361–365.

9. Kostenko R.V., Arutyunov V.S. 2018. Blokchejn v mire finansov [Blockchain in the world of finance]. Vestnik sovremennyh issledovanij [Bulletin of modern research], 12.17 (27): 230–232.

10. Morozova I.A., Leontieva E.Yu., Smetanina A.I. 2014. Ekonomika v setyah virtual'nosti [The economy in the networks of virtuality]. ETAP: ekonomicheskaya teoriya, analiz, praktika [ETAP: economic theory, analysis, practice], 6: 117–126.

11. Skokov R.Yu. 2012. Dialektika ekonomicheskoj kategorii «effektivnost'» [Dialectics of the economic category "efficiency"]. Agrarnaya nauka - osnova uspeshnogo razvitiya APK i sohraneniya ekosistem: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Volgograd: Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet [Agricultural science-the basis for successful development of agriculture and ecosystem conservation: materials of the International scientific and practical conference]. Volgograd: Volgograd state agrarian University: 162–166.

12. Skokov R.Yu. 2018. Evolyuciya institutov i mekhanizmov gosudarstvennogo regulirovaniya addiktivnogo rynka [Evolution of institutions and mechanisms of state regulation of the addictive market]. Teoreticheskaya ekonomika [Theoretical Economics], 3 (45): 89–98.

13. Smetanina A.I., Morozova I.A. 2016. Perspektivy razvitiya infrastrukturnogo obespecheniya virtual'nogo predprinimatel'stva [Prospects for the development of infrastructure support for virtual entrepreneurship]. Audit i finansovyj analiz [Audit and financial analysis], 1: 396–400.

14. Babkin A.V., Burkaltseva D.D., Betskov A.V., Kilyaskhanov H.Sh., Tyulin A.S., Kurianova I.V. 2018. Automation digitalization blockchain: trends and implementation problems. International Journal of Engineering and Technology (UAE). 7 (3.14): 254–260.

15. Gawer A., Cusumano M. 2014. Industry Platforms and Ecosystem Innovation. J. Prod. Innov. Management. No 31 (3): 417–433.

16. Idris M. 2019. What's The Difference Between Platform Strategy Vs. Business Strategy Vs. Product Strategy? [Electronic resource]. Available at: http://www.idr.is. (accessed 13.05.2019).

17. Muegge S. 2013. Platforms, Communities and Business Ecosystems: Lessons Learned about Technology Entrepreneurship in an Interconnected World. Technology Innovation Management Review. No 3 (2): 5–15.

18. Popkova E.G., Bogoviz A.V., Ragulina Y.V., Alekseev A.N. 2018. Perspective model of activation of economic growth in modern Russia. Studies in Systems, Decision and Control, 135: 171–177.

19. Volkov S.K., Gushchina E.G., Vitaleva E.M. 2019. Asynchrony formation 4.0 industry in the Russian regions. Regional and Sectoral Economic Studies, 19 (2): 45–56.

20. Yudina T.N. 2019. Digital segment of the real economy: digital economy in the context of

analog economy. Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki [Scientific and technical Bulletin of the Saint Petersburg state Polytechnic University. Economics], 12 (2): 7–18.

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Коробейникова О.М., Коробейников Д.А., Стефанович Л.И. 2020. Перспективы цифровых банковских блокчейн-гарантий. Экономика. Информатика. 47 (1): 110–116. DOI:

Korobeynikova O.M., Korobeynikov D.A., Stefanovich L.I. 2020. Prospects for digital banking blockchain guarantees. Economics. Information technologies. 47 (1): 110–116 (in Russian). DOI:

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
COMPUTER SIMULATION HISTORY

УДК 338.431: 519.233
DOI

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА АГРАРНОЙ ПРОДУКЦИИ С УЧЕТОМ СЕЗОННОСТИ ЦЕН

MODELING OF PRODUCTION OF AGRARIAN PRODUCT TAKING INTO ACCOUNT THE PRICE SEASONALITY

Т.С. Бузина, М.Н. Полковская
T.S. Buzina, M.N. Polkovskaya

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
Россия, 664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhniy, Irkutsk district, Irkutsk region, 664038, Russia

E-mail: buzinats@mail.ru, polk_mn@mail.ru

Аннотация
Статья посвящена моделированию производства сельскохозяйственной продукции с учетом сезонности цен. Для выделения составляющих временных рядов цен на сельскохозяйственную продукцию (тренда и сезонной составляющей) использована модель «Кассандра», основанная на использовании метода наименьших квадратов. С помощью модели «Кассандра» получено линейное уравнение тренда, согласно которому цена на картофель имеет тенденцию роста. Оценка сезонной компоненты показывает, что цена на картофель повышается с ноября по июль, затем происходит ее снижение. Разница между ценами на картофель в октябре и июле составляет примерно 11 руб./кг, что объясняется появлением на рынке местной продукции. Трендовая модель использована для прогнозирования цен на картофель на 2019 г., при этом значение, спрогнозированное с помощью тренда, суммируется с сезонной компонентой. Для оптимизации реализации аграрной продукции предложены модели линейного программирования с детерминированными и случайными параметрами, а также параметрическая модель с учетом возможного наличия трендов в рядах производственно-экономических параметров и тренд-сезонных моделей, описывающих цены. Оптимизационная задача с учетом тренд-сезонной модели для квартальных цен на картофель решена на примере ЗАО «Иркутские семена». Согласно результатам решения задачи 50 % всей реализованной продукции необходимо реализовать осенью, поскольку хранение картофеля требует дополнительных затрат, 10 % – во втором квартале, 17 % – в третьем, а 20 % – необходимо сохранить до лета.

Abstract
The article is devoted to modeling agricultural production taking into account seasonality of prices. Various approaches have been described to increase the efficiency of potato production, which include increasing productivity by using high-quality seeds and high-precision technologies, as well as increasing economic efficiency by increasing the sale of seed and early potatoes. In addition to the above approaches to improving the efficiency of potato production, it is proposed to use optimal potato sales plans obtained taking into account price volatility. To identify the components of the time series of prices for agricultural products (trend and seasonal component), the «Cassandra» model was used, based on the use of the least squares method. Based on the «Cassandra» model, a linear trend equation is obtained, according to which

the price of potatoes tends to increase. According to the seasonal component, the price of potatoes rises from November to July, then it decreases. The difference between potato prices in October and July is about 11 rubles / kg, which is explained by the appearance of local products on the market. The trend model is used to forecast potato prices for 2019, while the value predicted by the trend is summed with the seasonal component. To optimize the implementation of agricultural products, linear programming models with deterministic and random parameters are proposed, as well as a parametric model taking into account the possible presence of trends in the series of production and economic parameters and trend-seasonal models that describe prices. The optimization problem, taking into account the trend-seasonal model for quarterly potato prices, has been solved using the example of «Irkutsk Seeds». According to the results of solving the problem, 50% of all sold products must be sold in the fall, since the storage of potatoes requires additional costs, 10% in the second quarter, 17% in the third, and 20% must be kept until the summer.

Ключевые слова: моделирование аграрного производства, модель «Кассандра», тренд, сезонная компонента, оптимизация реализации продукции.
Keywords: agricultural production modeling, «Cassandra» model, trend, seasonal component, product sales optimization.

Введение

Развитие аграрного производства в Иркутской области и в целом по стране в последние годы приобретает все большую значимость. Сельское хозяйство играет важную роль в обеспечении ресурсами самого сельского хозяйства и иных отраслей экономики, а также снабжении товарами и услугами населения и корпоративного сектора. Помимо этого, аграрный сектор экономики задействован в обеспечении продовольственной безопасности страны [Лаптев, Филина, 2019].

В работах [Малявко, Ториков, 2012; Смирнов, 2016] для увеличения урожайности картофеля предложено использовать высокоточные технологии и подбирать технологические операции при подготовке почвы в зависимости от предшественников.

В статье [Новиков, 2012] обозначена проблема сбыта и переработки картофеля. По мнению автора, развитие картофелепродуктового подкомплекса в регионе повлечет повышение экономической эффективности производства за счет внедрения передовых технологий возделывания картофеля, применения высококачественных семян и полной механизации всех процессов. Развитие производства картофеля в коллективных хозяйствах будет направлено на первичную переработку картофеля, включающую мойку, фасовку и упаковку, а также экспорт картофеля в близлежащие страны и его реализацию в другие регионы.

В работе [Аникиенко, 2016] доказана экономическая эффективность изменения структуры реализации картофеля в ЗАО «Иркутские семена» за счет увеличения реализации семенного и раннего картофеля.

В статье [Изосимова, Ананич, 2016] эффективность производства картофеля может быть повышена за счет оптимизации сортовой структуры по спелости и соблюдения рекомендуемых в статье сроков уборки.

При этом целью деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя является не только производство большого объема продукции, но и ее сбыт по более выгодной цене. При прогнозировании цен на сельскохозяйственную продукцию следует учитывать целый набор факторов, влияющих на ее формирование: сезонные колебания; уровень и структуру затрат на производство сельскохозяйственной продукции; динамику мировых цен; климатические факторы и др. В случае наличия у предприятия овощехранилищ произведенную продукцию можно реализовать более выгодно в период повышения цен. В связи с этим целью работы является решение задачи оптимизации реализации сельскохозяйственной продукции с учетом сезонности цен [Тульчеев, Лукин, 2008].

Материалы и методы

Для прогнозирования цен использована статистическая информация о средних месячных ценах на картофель за 2003–2018 гг. по Иркутской области. На основании модели «Кассандра» выделены тренд, сезонная составляющая и остаточный компонент ряда исследуемого параметра.

С помощью симплекс-метода получен оптимальный план реализации картофеля в ЗАО «Иркутские семена» по кварталам. При решении задачи оптимизации использована бухгалтерская отчетность рассматриваемого предприятия, в частности форма № 9-АПК «Отчет о производстве, затратах, себестоимость и реализации продукции растениеводства» за 2018 год.

Прогнозирование цен на аграрную продукцию

Проблема выделения и прогнозирования составляющих многолетнего временного ряда какого-либо показателя возникает в различных областях прикладных исследований [Floyd, 2014; Henshaw, 1966; Kinsey, 1999; Polkovskaya, 2019]. В частности, в работе [Зоркальцев, 2014] для оценки тренда и сезонной составляющей ряда средних месячных цен на картофель использована модель «Кассандра», основанная на использовании метода наименьших квадратов.

Уравнение модели описывает составляющие временного ряда x_t в определенный период времени t: тренд y_t, сезонные колебания s_t, остаточный член ε_t:

$$x_t = y_t + s_t + \varepsilon_t . \quad (1)$$

Тренд выражается в форме полинома от времени –

$$y_t = \sum_{i=0}^{n} a_i t^i . \quad (2)$$

Функция s_t представляет собой сумму строго периодических функций с весами t^i:

$$s_t = \sum_{i=0}^{m} s_i(t) t^i , \quad (3)$$

где $s_0(t)$ – периодическая функция, описывающая среднее значение сезонных изменений $s_i(t),\ i > 0$ – функции, отражающие вариацию амплитуды и формы сезонных колебаний в зависимости от времени. Период колебаний функций, заданных разложением в ряд Фурье, равен году

$$s_i(t) = \sum_{j=1}^{K/2} \alpha_{ij} \cos \frac{2\pi j t}{K} + \sum_{j=1}^{K/2-1} \beta_{ij} \sin \frac{2\pi j t}{K} , \quad (4)$$

где K – число значений ряда x_t в году (для квартальных данных $K = 4$, для данных по месяцам $K = 12$).

Для оценки параметров модели a_i, α_{ij}, β_{ij} используется метод наименьших квадратов. При этом в минимизируемую целевую функцию задачи линейного программирования введены веса информативности исходных данных

$$\sum_{t=1}^{T} b_t \varepsilon_t^2 \to \min, \quad (5)$$

при условиях (1)–(2). Веса информативности b_t применяются для учета качественных структурных изменений рассматриваемого ряда в прошлом и закономерных воздействий внешних факторов. При отсутствии информации о внешних воздействиях целесообразно использовать экспоненциальные веса, отражающие старение данных с постоянным темпом

$$b_t = b^{\lambda t} , \quad (6)$$

где b^{λ} – темп старения данных.

В ходе выделения компонентов ряда цен на картофель получено линейное уравнение тренда

$$y_t = 0{,}129t + 9{,}18, \quad (7)$$

согласно которому цена на картофель имеет тенденцию роста.

Оценка индекса сезонности показывает, что цена на картофель повышается с ноября по июль, затем происходит ее снижение (рис.). Разница между ценами на картофель в октябре и июле составляет примерно 50 % (около 11 руб./кг), что объясняется появлением на рынке местной продукции.

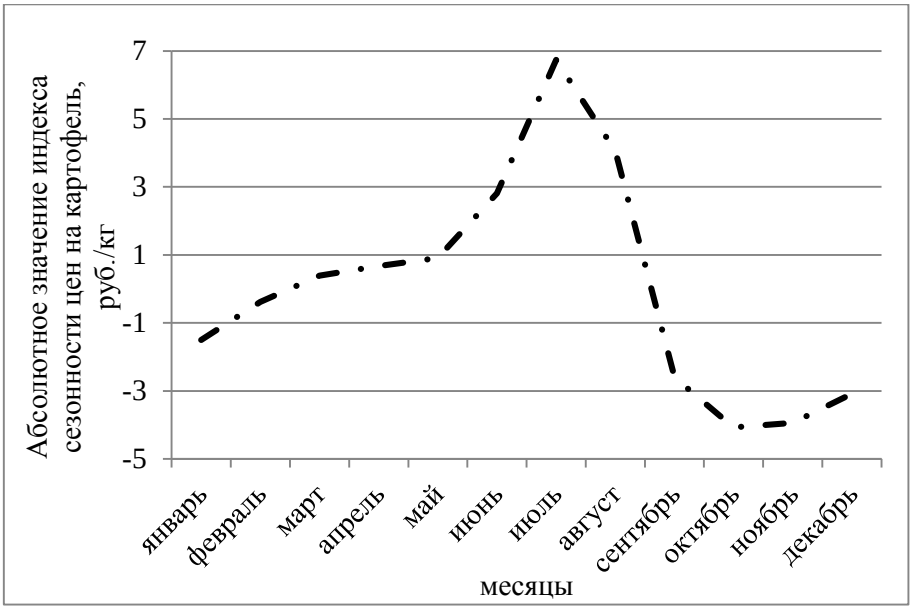


Рис. Сезонная компонента рядов средних месячных цен на картофель по Иркутской области за 2003–2018 гг.
Fig. The seasonal component of the series of average monthly potato prices in the Irkutsk region for 2003–2018

Поскольку полученная трендовая модель является точной и адекватной, она использована для прогнозирования цен на картофель. При этом к каждому значению, спрогнозированному с помощью тренда, прибавляется сезонная компонента.

Оптимизация реализации аграрной продукции

Деятельность аграрного предприятия, как и предприятия любой отрасли, зависит от прибыли, которая в свою очередь формируется, как разница между затратами на производство продукции и выручкой от ее реализации. Особенностью производства сельскохозяйственной продукции, особенно растениеводческой, является сложность ее хранения. При хранении продукции предприятие получает не только затраты на обслуживание складов, но и естественную убыль продукции, в частности, от потери веса и порчи. В то же время стоимость картофеля с наступлением холодов возрастает. В работе предложена модель оптимизации реализации продукции с учетом сезонности цен.

Математическая модель задачи выглядит следующим образом. Критерий оптимальности – максимум прибыли от реализации продукции:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \to \max, \quad (1)$$

где c_{ij} – прибыль от реализации i-го вида продукции в j-й период времени, x_{ij} – искомая переменная – объем реализации i-го вида продукции в j-й период времени.

При условиях:

1) ограниченности производственных ресурсов:

$$\sum_{i \in I} v_{si} p_i \le V_s \ (s \in S), \tag{2}$$

где v_{si} – расход s-го ресурса на единицу площади i-й культуры, p_i – площадь i-й культуры, V_s – объем s-го ресурса;

2) ограниченности размера растениеводческой отрасли:

$$\underline{n} \sum_{i \in I} (1+\eta_i)\, p_i \le \bar{n}, \tag{3}$$

где $\underline{n}, \bar{n}$ – минимальное и максимальное значение площади посевов культур, η_i – коэффициент, отражающий площадь, выделенную под посев семян i-й культуры;

3) соблюдения соотношения между валовой и товарной продукцией:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = \sum_{i \in I} y_i p_i, \tag{4}$$

где y_i – урожайность i-й культуры.

4) ограничения максимального значения себестоимости продукции относительно выручки от реализации:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} l_{ij} x_{ij} \le w, \tag{5}$$

где l_{ij} – себестоимость единицы i-й продукции в j-й период, w –выручка.

5) ограниченности ресурсов на хранение продукции

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} v'_{sij} x_{ij} \le V'_s \ (s \in S), \tag{6}$$

где v'_{sij} – расход s-го ресурса на единицу i-й товарной продукции в j-й период времени, V'_s – объем s-го ресурса;

6) получения гарантированной выручки

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} b_{ij} x_{ij} \le B, \tag{7}$$

где b_{ij} – стоимость i-й товарной продукции в j-й период времени, B – средняя выручка предприятия за определенный период;

7) неотрицательности переменных

$$x_{ij} \ge 0. \tag{8}$$

Для планирования аграрного производства используются, как правило, детерминированные модели, параметры которых являются усредненными величинами [Гатаулин и др., 1990; Новиков, Колузанов, 1975; Петров и др., 1996; Шарипов, 2007; Шиндин, 2003; Федосеев и др., 1999]. В реальных условиях параметры, входящие в ограничения и целевую функцию модели (урожайность, затраты труда, затраты на ГСМ и др.) являются неопределенными. При этом случайные величины могут описываться законом распределения вероятностей, а при недостаточной информации – в виде интервала (верхних и нижних оценок) [Левин, 2015, 1999; Бузина и др., 2019]. Если параметры являются случайными, ограничения (2), (3), (5) будут записаны так:

$$\sum_{i \in I} v_{si}^{p} p_i \le V_s \ (s \in S), \tag{9}$$

где v_{si}^{p} – расход s-го ресурса на единицу площади i-й культуры, соответствующий некоторой вероятности;

$$\sum_{i\in I} x_{ij} = \sum_{i\in I} y_i^p p_i, \tag{10}$$

где y_i^p – урожайность *i*-й культуры, соответствующая некоторой вероятности;

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} v'^{p}_{sij} x_{ij} \le V'_s \ (s \in S), \tag{11}$$

где v'^{p}_{sij} – расход s-го ресурса на единицу *i*-й товарной продукции в *j*-й период, соответствующий некоторой вероятности.

При наличии в задаче (1)–(8) ограничений (9)–(11), содержащих случайные переменные, для ее решения применяется метод статистических испытаний. При этом решения задачи соответствуют некоторой вероятности, представляющей собой сумму вероятностей значений случайных величин (урожайности, трудовых ресурсов и др.). Формула для расчета суммы вероятности двух случайных величин выглядит следующим образом

$$\xi(\sum_{k=1}^{K} p_k) = \sum_{k=1}^{K}\xi p_k - \sum_{k=1}^{K-1}\sum_{j=k+1}^{K}\xi(p_k p_j) + \sum_{k=1}^{K-2} - \ldots + (-1)^{n-1}\xi(\prod_{k=1}^{K} p_k), \tag{12}$$

где $P_1 = \int_0^{x_1} p_1(x_1)\mathrm{d}x_1$, $P_2 = \int_0^{x_2} p_2(x_2)\mathrm{d}x_2$, …, $P_K = \int_0^{x_K} p_K(x_K)\mathrm{d}x_K$.

Функция распределения непрерывной случайной величины может быть выражена в виде интеграла:

$$P(x_1, x_2, \ldots, x_K) = \int_{-\infty}^{x_K}\int_{-\infty}^{x_{K-1}}\ldots\int_{-\infty}^{x_1} p(x_1, x_2, \ldots, x_K)dx_1dx_2\ldots dx_K. \tag{13}$$

В случае если выполняется условие

$$p(x_1, x_2, \ldots, x_K) = p_1(x_1)p_2(x_2)\ldots p_K(x_K), \tag{14}$$

непрерывные случайные величины, входящие в систему, являются независимыми.

Тогда формула (12) примет вид

$$P(x_1, x_2, \ldots, x_K) = \int_{-\infty}^{x_K}\int_{-\infty}^{x_{K-1}}\ldots\int_{-\infty}^{x_1} p_1(x_1)dx_1 p_2(x_2)dx_2\ldots p_K(x_K)dx_K. \tag{15}$$

Приведенная формула (15) является произведением вероятностей, содержащихся в выражении (12).

Второй вид неопределенности параметров возникает, когда ряды исходных данных представляют собой короткие и неоднородные выборки, ограничения задачи (1)–(8) при этом являются интервальными. Причем интервальными могут быть не только параметры, входящие в левые части ограничений, но и в целевую функцию.

В некоторых случаях урожайность сельскохозяйственных культур (y_i) и стоимость товарной продукции b_{ij} могут быть описаны с помощью авторегрессионных, трендовых моделей и с учетом сезонности [Барсукова, Иваньо, 2017]. При этом параметры, входящие в условия (3) и (7), связаны с параметром *t*:

$$\sum_{i\in I} x_{ij} = \sum_{i\in I} y_i(t) p_i, \tag{16}$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} b_{ij}(t)x_{ij} \le B, \tag{17}$$

где *t* – функциональная зависимость: предшествующее значение ряда, параметр времени или тренд с учетом сезонности.

Переменные y_i и b_{ij} в ограничениях (16), (17) могут быть описаны следующими зависимостями:

$$y_i = a_{0i} + a_{1i}t_1 + a_{2i}t_2 + ... + a_{mi}t_m, \quad (18)$$

$$y_i = a_{0i} + a_{1i}y_{t-\tau}, \quad (19)$$

$$b_{ij} = f_{ij} + s_{ij}. \quad (20)$$

Здесь a_{0i} – свободный член уравнения, a_{mi} – коэффициенты при неизвестной переменной t_m, t_m – номер периода (месяца, квартала), $y_{t-\tau}$ – предыдущее значение многолетнего ряда со сдвигом τ, f_{ij} – компонента, описывающая тренд, s_{ij} – компонента, описывающая сезонные колебания.

Решение задачи реализации аграрной продукции с учетом сезонности цен

Для расчета возможного дохода ЗАО «Иркутские семена» при рациональной реализации картофеля в течение года, построена оптимизационная модель. При этом квартальные цены на картофель рассчитаны на основании модели «Кассандра», описанной выше.

Задача (1)–(7) с учётом (20) решена для показателей по урожайности картофеля и площади посева за 2018 г. В таблице приведены результаты решения задачи при различных вариантах цен реализации в зависимости от квартала.

Таблица 1
Table 1

Результаты решения задачи оптимизации объема ежеквартальной реализации картофеля
The results of solving the problem of optimizing the volume of quarterly sales of potatoes

Урожайность, ц/га	Площадь посева, га	Объем реализации, ц / Цена тыс. руб./ц				Прибыль, тыс. руб.
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	
155,4	560	32752/ 1,3	5904/ 1,8	10760/ 1,9	12744/ 1,6	25543,2

Из таблицы следует, что более 50 % всей произведенной продукции необходимо реализовать осенью, поскольку хранение картофеля требует дополнительных затрат. Во втором квартале объем реализации составил 5904 ц (10 %), а в третьем – 10760 ц (17 %). Повышение цены весной связано, в частности, с увеличением спроса на семенной картофель. 20 % произведенной продукции, согласно модели, необходимо сохранить до лета.

Заключение

В работе на основании модели «Кассандра» получен прогноз средних цен на картофель в Иркутской области. Предложены модели оптимизации реализации аграрной продукции с детерминированными и стохастическими параметрами и параметрическая модель с учетом наличия авторегрессионных, трендовых зависимостей и сезонности. Построена модель оптимизации объемов ежеквартальной реализации картофеля по данным ЗАО «Иркутские семена». По полученным результатам 53 % урожая хозяйство должно реализовать осенью, после сбора урожая; 10 % – зимой; 17 % – весной, когда спрос увеличивается из-за потребности в семенах; 20 % – летом.

Работа поддержана грантом РФФИ № 19-07-00322.
This work was supported by RFBR grant No № 19-07-00322.

Список литературы
References

1. Аникиенко Н.Н. 2016. Экономическая эффективность производства картофеля в ЗАО «Иркутские семена» Иркутского района Иркутской области. Новая наука: От идеи к результату, 12–1: 17–23.

2. Барсукова М.Н., Иваньо Я.М. 2017. Приложения параметрического программирования для решения задач оптимизации получения продовольственной продукции. Вестник ИрГТУ, 4: 57–66.

3. Бузина Т.С., Окладчик С.А., Полковская М.Н. 2019. Оптимизация размещения посевов сельскохозяйственных культур с учетом изменчивости цен. Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА», 92: 17–24.

4. Гатаулин А.М., Гаврилов Г.В., Сорокина Т.М. 1990. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве. М., Агропромиздат, 432.

5. Зоркальцев В.И. 2014. Элементы оптимизации. Иркутск, ИСЭМ СО РАН, 99.

6. Изосимова Т.Н., Ананич И.Г. 2016. Оптимизация основных факторов повышения эффективности производства картофеля на основе экономико-математического моделирования. Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. Гродно, ГГАУ: 111–118.

7. Лаптев С.В., Филина Ф.В. 2019. О роли сельского хозяйства в формирующейся инновационной экономике. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика, 46 (1): 31–42.

8. Левин В.И. 2015. Интервальный подход к оптимизации в условиях неопределенности. Системы управления, связи и безопасности, 4: 123–141.

9. Малявко А.А.,Ториков В.Е. 2012. Технология производства и рынок картофеля в условиях глобализации. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии, 2: 28–32.

10. Новиков А.В. 2012. Современное состояние, тенденции и особенности производства и сбыта картофеля в Иркутской области. Вестник ИрГСХА, 52: 112–118.

11. Новиков Г.И., Колузанов К.В. 1975. Применение экономико-математических методов в сельском хозяйстве. М., Колос, 288.

12. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. 1996. Опыт математического моделирования экономики. М., Энергоатомиздат, 206.

13. Смирнов Н.А. 2016. Факторы, определяющие эффективность производства картофеля. Научный альманах, 12–1 (26): 227–231.

14. Тульчеев В.В., Лукин Д.Н. 2008. Рынок картофеля и продуктов его переработки: состояние, проблемы, перспективы. Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 8: 67–70.

15. Шарипов С.А. 2007. Оптимизация структуры посевов – необходимое условие повышения эффективности производства. Достижения науки и техники АПК, 1: 42–44.

16. Шиндин И.М., Кодякова Т.Е. 2003. Оптимизация структуры посевов. Аграрная наука, 3: 20.

17. Экономико-математические методы и прикладные модели. 1999. Под редакцией В.В. Федосеева. М., ЮНИТИ, 391.

18. Floyd J. E. Statistics for economists: a beginning. Toronto, University of Toronto, 2010. 292 p.

19. Henshaw R.C. 1966. Application of the general linear model to seasonal adjustment of economic time series. Econometrica. 34: 381–395.

20. Kinsey J. 1999. The big shift from a food supply to a food demand chain. Minnesota Agricultural Economist, 698: 1–7.

21. Polkovskaya M.N. 2019.Situation management of agricultural production based on the prediction of prices for agricultural products. Proceedings of the VIth International Workshop 'Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security: 83–89.

References

1. Anikienko N.N. 2016. Jekonomicheskaja jeffektivnost' proizvodstva kartofelja v ZAO «Irkutskie semena» Irkutskogo rajona Irkutskoj oblasti [Economic efficiency of potato production in CJSC Irkutsk Seeds of the Irkutsk Region of the Irkutsk Region]. Novaja nauka: Ot idei k rezul'tatu, 12–1: 17–23.

2. Barsukova M.N., Ivan'o Ja.M. 2017. Prilozhenija parametricheskogo programmirovanija dlja reshenija zadach optimizacii poluchenija prodovol'stvennoj produkcii [Parametric programming applications for solving problems of optimizing food production]. Vestnik IrGTU, 4: 57–66.

3. Buzina T.S., Okladchik S.A., Polkovskaja M.N. 2019. Optimizacija razmeshhenija posevov sel'skohozjajstvennyh kul'tur s uchetom izmenchivosti cen [Optimization of the distribution of crops under the variability of prices]. Nauchno-prakticheskij zhurnal «Vestnik IrGSHA», 92: 17–24.

4. Gataulin A.M., Gavrilov G.V., Sorokina T.M. 1990. Matematicheskoe modelirovanie jekonomicheskih processov v sel'skom hozjajstve [Mathematical modeling of economic processes in agriculture]. M., Agropromizdat, 432.

5. Zorkal'cev V.I. 2014. Jelementy optimizacii [Elements of optimization]. Irkutsk, ISJeM SO RAN, 99.

6. Izosimova T.N., Ananich I.G. 2016. Optimizacija osnovnyh faktorov povyshenija jeffektivnosti proizvodstva kartofelja na osnove jekonomiko-matematicheskogo modelirovanija [Optimization of the main factors of increasing the efficiency of potato production based on economic and mathematical modeling]. Sel'skoe hozjajstvo – problemy i perspektivy: sb. nauch. tr. Grodno., GGAU: 111–118.

7. Laptev S.V., Filina F.V. 2019. O roli sel'skogo hozjajstva v formirujushhejsja innovacionnoj jekonomike [On the role of agriculture in the emerging innovation economy]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Series: Jekonomika. Informatika, 46 (1): 31–42.

8. Levin V.I. 2015. Interval'nyj podhod k optimizacii v uslovijah neopredelennosti [Interval approach to optimization in the face of uncertainty]. Sistemy upravlenija, svjazi i bezopasnosti, 4: 123–141.

9. Maljavko A.A., Torikov V.E. 2012. Tehnologija proizvodstva i rynok kartofelja v uslovijah globalizacii [Production technology and the potato market in the context of globalization]. Vestnik Brjanskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii, 2: 28–32.

10. Novikov A.V. 2012. Sovremennoe sostojanie, tendencii i osobennosti proizvodstva i sbyta kartofelja v Irkutskoj oblasti [Current status, trends and characteristics of the production and marketing of potatoes in the Irkutsk region]. Vestnik IrGSHA, 52: 112–118.

11. Novikov G.I., Koluzanov K.V. 1975. Primenenie jekonomiko-matematicheskih metodov v sel'skom hozjajstve [The application of economic and mathematical methods in agriculture]. M., Kolos, 288.

12. Petrov A.A., Pospelov I.G., Shananin A.A. 1996. Opyt matematicheskogo modelirovanija jekonomiki [Experience in mathematical modeling of economics]. M., Jenergoatomizdat, 206.

13. Smirnov N.A. 2016. Faktory, opredeljajushhie jeffektivnost' proizvodstva kartofelja [Factors determining the efficiency of potato production]. Nauchnyj al'manah, 12–1 (26): 227–231.

14. Tul'cheev V.V., Lukin D.N. 2008. Rynok kartofelja i produktov ego pererabotki: sostojanie, problemy, perspektivy [The market of potatoes and products of its processing: state, problems, prospects]. Jekonomika sel'skohozjajstvennyh i pererabatyvajushhih predprijatij, 8: 67–70.

15. Sharipov S.A. 2007. Optimizacija struktury posevov – neobhodimoe uslovie povyshenija jeffektivnosti proizvodstva [Optimization of the crop structure is a necessary condition for increasing production efficiency]. Dostizhenija nauki i tehniki APK, 1: 42–44.

16. Shindin I.M., Kodjakova T.E. 2003. Optimizacija struktury posevov [Optimization of crop structure]. Agrarnaja nauka, 3: 20.

17. Ekonomiko-matematicheskie metody i prikladnye modeli [Economic-mathematical methods and applied models]. 1999. Pod redakciej V.V. Fedoseeva. M., JuNITI, 391.

18. Floyd J. E. Statistics for economists: a beginning. Toronto, University of Toronto, 2010. 292 p.

19. Henshaw R.C. 1966. Application of the general linear model to seasonal adjustment of economic time series. Econometrica. 34: 381–395.

20. Kinsey J. 1999. The big shift from a food supply to a food demand chain. Minnesota Agricultural Economist, 698: 1–7.

21. Polkovskaya M.N. 2019.Situation management of agricultural production based on the prediction of prices for agricultural products. Proceedings of the VIth International Workshop 'Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security: 83–89.

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Бузина Т.С., Полковская М.Н. 2020. Моделирование производства аграрной продукции с учетом сезонности цен. Экономика. Информатика. 47 (1): 117–125 DOI:

Buzina T.S., Polkovskaya M.N. 2020. Modeling of production of agrarian product taking into account the price seasonality. Economics. Information technologies. 47 (1): 117–125 (in Russian). DOI:

УДК 519.1
DOI

КОМБИНАТОРИКА УПОРЯДОЧЕННЫХ МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫХ РАЗЛОЖЕНИЙ

COMBINATORICS AN ORDERED MULTIPLICATIVE DECOMPOSITIONS

В.В. Румбешт, Е.В. Бурданова
V.V. Rumbesht, E.V. Burdanova

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

Belgorod National Research University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: rumbesht@bsu.edu.ru, burdanova @bsu.edu.ru

Аннотация
Статья посвящена нахождению решения комбинаторных задач: нахождению количества всех возможных разложений целого числа $r > 1$ в упорядоченное произведение n целых сомножителей и нахождению количества всех возможных разложений числа r в упорядоченное произведение. Ее целью является установление аналитической зависимости количества всех возможных разложений числа r в упорядоченное произведение n целых сомножителей от параметров r и n. При достижении цели непосредственно получаем решение первой задачи, а решение второй находится как сумма количества всех возможных разложений числа r в упорядоченное произведение n целых сомножителей, где n пробегает натуральный ряд. В статье показано, что количество таких разложений зависит скорее не от величины числа r, а набора показателей степеней в его каноническом разложении. Вводится отношение эквивалентности, позволяющее разбить функцию количества всех разложений числа r в упорядоченное произведение n целых сомножителей на классы так, чтобы каждому классу взаимно однозначно соответствовала функция количества матриц особого вида. Далее показано, как осуществить подсчет количества таких матриц, что в результате привело к выводу искомой формулы.

Abstract
The article is devoted to finding the solution of combinatorial problems: finding the number of all possible decompositions of an integer $r > 1$ into an ordered set of integer multipliers and finding the number of all possible decompositions of a number r into an ordered set of integer multipliers. Its purpose is to establish an analytical dependence of the number of all possible expansions of a number r in the ordered set of n integer factors on the parameters r and n. Upon reaching the goal, we directly obtain the solution of the first problem, and the solution of the second problem is the sum of the number of all possible expansions of the number r into the ordered set of n integer factors, where n run the natural series. The article shows that the number of such expansions does not depend on the value of the number r, but rather on the set of exponents in its canonical decomposition. We introduce an equivalence relation that allows us to divide the function of the number of all expansions of a number r into an ordered set of n integer factors into classes so that each class corresponds to the function of the number of matrices of a special kind. The following shows how to count the number of such matrices, which resulted in the conclusion of the desired formula.

Ключевые слова: упорядоченное мультипликативное разложение, комбинаторная задача, каноническое разложение, количество n-профилей числа r.
Keywords: ordered multiplicative decomposition, combinatorial problem, canonical decomposition, number of n-profiles of r.

Введение

Основная теорема арифметики устанавливает единственность разложения целого числа $r>1$ в произведение простых сомножителей с точностью до порядка их следования и дает формулу так называемого канонического разложения $r=\prod_{j=1}^{m} p_j^{a_j}$, где p_j – простое число, $p_i \neq p_j$, если $i \neq j$, a_j – кратность вхождения p_j в это разложение [Виноградов, 2018].

Формула канонического разложения дает очевидные решения таких задач, как нахождение количества всех возможных делителей числа, а также их перечисление [Бухштаб, 2015], нахождение количества разбиений числа в упорядоченное произведение простых сомножителей; вычисление наибольших общих делителей и наименьших общих кратных [Виленкин и др., 2019], значений функции Эйлера [Зуланке, Онищик, 2020; Петровский, 2018.] и т. п.

Кроме канонического разложения числа существуют более общие случаи: разложение в упорядоченное или неупорядоченное произведение с фиксированным или нефиксированным числом целых сомножителей [Гринблат, 2017]. Такие разложения далеко не единственные. Этот факт порождает комбинаторные задачи их перечисления и подсчета их количества [Скхипани, Елиа, 2011]. Без сомнения, эти задачи являются фундаментальными.

Помимо фундаментального характера такие задачи имеют и прикладное значение. Например, для исследования свойств последовательностей, порождаемых с использованием каскадного метода [Love Forsberg, 2016; Румбешт, Ядута, 2015], представляют интерес следующие задачи.

1. Дано целое число $r>1$, представленное своим каноническим разложением. Найти количество всех возможных разложений числа r в упорядоченное произведение n целых сомножителей, каждый из которых больше 1.

2. При тех же исходных данных найти количество всех возможных разложений числа r в упорядоченное произведение целых сомножителей, каждый из которых больше единицы.

Даня статья посвящена нахождению решения этих задач, и ее целью является установление аналитической зависимости количества всех возможных разложений числа r в упорядоченное произведение n целых сомножителей от параметров r и n.

При достижении цели непосредственно получаем решение первой задачи, а решение второй находится как сумма количества всех возможных разложений числа r в упорядоченное произведение n целых сомножителей, где n пробегает натуральный ряд.

Формальная постановка задачи

Определение 1. Дано целое число $r>1$. Кортеж $(r_1, r_2, \cdots, r_n)$, составленный из целых чисел, назовем n-профилем числа r или разложением числа r в упорядоченное произведение n целых сомножителей, если $\forall i \in \{1, 2, \ldots, n\}$: $r_i>1$ и $r=\prod_{i=1}^{n} r_i$.

Принятие термина «n-профиль числа r» обусловлено только дальнейшим применением результатов статьи для исследования свойств последовательностей, порожденных применением каскадного метода.

Обозначим символом $\Omega_{r,n}$ множество всех возможных n-профилей числа r. В зависимости от r и n множество $\Omega_{r,n}$ является либо конечным, либо пустым. Например, $\Omega_{30,1}=\{(30)\}$; $\Omega_{30,2}=\{(2, 15), (15, 2), (3, 10), (10, 3), (5, 6), (6, 5)\}$; $\Omega_{30,3}=\{(2, 3, 5), (2, 5, 3), (3, 2, 5), (3, 5, 2), (5, 2, 3), (5, 3, 2)\}$; $\Omega_{30,n}=\varnothing$ для всех $n \geq 4$.

Определение 2. Функцию f, определенную на декартовом произведении множества целых больших 1 и множества целых положительных чисел, принимающую значения $f(r,n)$, равные мощности множества $\Omega_{r,n}$, назовем функцией количества n-профилей числа r.

Следует отметить, что это значение функции $f(r,n)$ зависит скорее не от величины параметра r, а от набора показателей степеней a_j в его каноническом разложении. Упомянутый набор в общем случае представляет собой мультимножество [Петровский, 2018; Румбешт, 2016].

Исходя из определения функции количества n-профилей числа r, можно априорно указать ряд ее свойств. Пусть $r=\prod_{j=1}^{m} p_j^{a_j}$ – каноническое разложение r, и $h=\sum_{j=1}^{m} a_j$, тогда, руководствуясь соображениями о возможности разбиения списка из h элементов на n непустых частей, практически очевидно, что:

1) если $1 \le n \le h$, то возможность хотя бы одного разбиения существует и $f(r,n)>0$;

2) если $n>h$, то невозможно разбить список из h элементов на n непустых частей и $f(r,n)=0$;

3) если $n=1$, то возможен только один вариант разбиения и $f(r,1)=1$;

4) если $n=h$, то имеем разложение в произведение простых сомножителей, которое можно рассматривать как перестановку с повторениями, в которой кратности повторения элементов суть $a_1, a_2, \ldots, a_m$, следовательно $f(r,h)=P_h(a_1,a_2,\ldots,a_m)=\dfrac{h!}{a_1!\cdot a_2!\cdot\ldots\cdot a_m!}$ – количество перестановок с повторениями [Румбешт, Ядута, 2014; Thomas, 2009].

В справедливости перечисленных свойств не сложно убедится на рассмотренном выше примере множеств всех возможных n-профилей числа $r=30=2^1\cdot 3^1\cdot 5^1$ [Kálmán Cziszter Mátyás Domokos, 2016; Wenbo Sun, 2018].

Целые числа $r>1$ и $r'>1$ будем считать эквивалентными, если равны мультимножества показателей степеней простых сомножителей, входящих в канонические разложения r и r'. Факт эквивалентности r и r' запишем как $r \underset{a_1,a_2,\ldots,a_m}{\cong} r'$, где $a_1, a_2, \ldots, a_m$ – неубывающая последовательность. Например, для числа $20580=2^2\cdot 3^1\cdot 5^1\cdot 7^3$ и числа $212355=3^3\cdot 5^1\cdot 11^2\cdot 13^1$ имеет место $20580 \underset{1,1,2,3}{\cong} 212355$. Введенное отношение разбивает множество целых больших 1 на классы $a_1, a_2, \ldots, a_m$-эквивалентности. При принадлежности числа r такому классу будем говорить, что оно $a_1, a_2, \ldots, a_m$-эквивалентно [Gaultier Lambert Dmitry Ostrovsky Nick Simm, 2018; Shuhei Mano, 2018].

Это же отношение разбивает функцию количества n-профилей числа r, как множества троек вида $(r, n, f(r,n))$, на классы так, что в один и тот же класс попадают $(r, n, f(r,n))$ и $(r', n, f(r',n))$, если $r \underset{a_1,a_2,\ldots,a_m}{\cong} r'$. Таким классам $a_1, a_2, \ldots, a_m$-эквивалентности взаимно однозначно соответствуют функции $f_{a_1,a_2,\ldots,a_m}$ определенные на целых положительных числах, принимающие значения $f_{a_1,a_2,\ldots,a_m}(n)=f(r,n)$ для всех $a_1, a_2, \ldots, a_m$-эквивалентных чисел r.

Таким образом, функцию количества n-профилей числа r, можно определить в терминах функций $f_{a_1,a_2,\ldots,a_m}$ как $f(r,n)=f_{a_1,a_2,\ldots,a_m}(n)$, если r является $a_1, a_2, \ldots, a_m$-эквивалентным.

Определение 3. Функцию ψ, определенную на множестве целых больших 1, значения которой $\psi(r)=\sum_{n=1}^{\infty} f(r,n)$, назовем функцией количества всех профилей числа r.

Очевидно, что $\psi(r) = \sum_{n=1}^{h} f_{a_1,a_2,\ldots,a_m}(n)$, где r является $a_1, a_2, \ldots, a_m$-эквивалентным, а $h = \sum_{j=1}^{m} a_j$.

Выражение f и ψ в терминах функций $f_{a_1,a_2,\ldots,a_m}$ приводит к следующей постановке задачи, решение которой необходимо и достаточно для достижения цели статьи. Требуется вывести формулу для вычисления значений функции $f_{a_1,a_2,\ldots,a_m}$ при заданном параметре $a_1, a_2, \ldots, a_m$.

Вывод формулы для вычисления функции $f_{a_1,a_2,\ldots,a_m}$

Установим взаимно однозначное соответствие между элементами множества $\Omega_{r,n}$ и матрицами специального вида.

По определению 1 n-профиль числа r есть кортеж $(r_1, r_2, \cdots, r_n)$, в котором $\forall i \in \{1, 2, \ldots, n\}: r_i > 1$ и $r = \prod_{i=1}^{n} r_i$.

Поскольку $\forall i \in \{1, 2, \ldots, n\}: r_i > 1$ и r_i делит r, то каноническое разложение r_i содержит сомножители из непустого подмножества m-элементного набора попарно различных простых чисел $\{p_1, p_2, \ldots, p_m\}$, входящих в каноническое разложение r. Представим компоненты кортежа $(r_1, r_2, \cdots, r_n)$ в виде их канонических разложений, при необходимости дополненных так, чтобы каждое из $p_1, p_2, \ldots, p_m$ обязательно присутствовало в разложениях, пусть даже и в нулевой степени.

Получим:

$$\left(r_1 = \prod_{j=1}^{m} p_j^{q_{1,j}}, r_2 = \prod_{j=1}^{m} p_j^{q_{2,j}}, \ldots, r_n = \prod_{j=1}^{m} p_j^{q_{n,j}} \right). \quad (1)$$

Заметим, что в общем случае разложение $r_i = \prod_{j=1}^{m} p_j^{q_{i,j}}$ нельзя назвать каноническим, поскольку некоторые, но не все, $q_{i,j}$ могут быть равны 0. Тем не менее оно единственно.

Из цепочки равенств

$$r = \prod_{i=1}^{n} r_i = \prod_{i=1}^{n} \prod_{j=1}^{m} p_j^{q_{i,j}} = \prod_{j=1}^{m} p_j^{\sum_{i=1}^{n} q_{i,j}} = \prod_{j=1}^{m} p_j^{a_j}$$

следует условие:

$$\forall j \in \{1, 2, \ldots, m\}: \sum_{i=1}^{n} q_{i,j} = a_j. \quad (2)$$

Учитывая, что только некоторые, но не все, $q_{i,j}$ при любом i и фиксированном j могут быть равны нулю, получим еще одно условие:

$$\forall i \in \{1, 2, \ldots, n\}: \sum_{j=1}^{m} q_{i,j} \neq 0. \quad (3)$$

Из показателей степеней $q_{i,j}$ составим матрицу Q, имеющую размерность $n \times m$:

$$Q = \begin{pmatrix} q_{1,1}\ q_{1,2} \cdots q_{1,m} \\ q_{2,1}\ q_{2,2} \cdots q_{2,m} \\ \vdots \qquad\quad \vdots \\ q_{n.,1}\ q_{n,2} \cdots q_{n,m} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

столбцам которой поставим в соответствие простые числа из канонического разложения r, так чтобы j-тому столбцу соответствовало число p_j.

Таким образом, если зафиксировать порядок следования p_j, согласующийся с порядком следования $a_1, a_2, \ldots, a_m$ (как мы помним, это неубывающая последовательность), то n-профилю числа r ставится в соответствие единственная матрица Q. И, наоборот, если элементы матрицы Q являются целыми неотрицательными числами, такими, чтобы выполнялись условия (2) и (3) при аналогично фиксированном порядке следования $p_1, p_2, \ldots, p_m$, то по ней однозначно можно построить n-профиль числа r, используя формулу (1).

Взаимно однозначное соответствие между элементами множества $\Omega_{r,n}$ и матрицами вида (4), для которых выполняются условия (2) и (3), позволяет сформулировать задачу нахождения значения $f_{a_1,a_2,\ldots,a_m}(n)$ как количества таких матриц.

Итак, $f_{a_1,a_2,\ldots,a_m}(n)$ – количество матриц размерностью $n \times m$, удовлетворяющих ранее определенным условиям. Символом $g_{a_1,a_2,\ldots,a_m}$ обозначим функцию количества матриц, удовлетворяющих этим же условиям, за исключением того, что в них допускаются строки, сумма элементов которых равна нулю (все элементы таких строк нулевые).

Для функции $g_{a_1,a_2,\ldots,a_m}$ характерно, что

$$g_{a_1,a_2,\ldots,a_m}(n) = \sum_{k=0}^{n-1} C_n^k \cdot f_{a_1,a_2,\ldots,a_m}(n-k). \quad (5)$$

Это выражение продиктовано следующими соображениями. Набор матриц, не имеющих ограничений на суммы элементов строк, составлен из матриц, у которых k строк имеют сумму элементов равную 0 и $n-k$ строк с суммой элементов большей 0, для всех k от 0 до $n-1$.

Зафиксируем значение k. По определению $f_{a_1,a_2,\ldots,a_m}(n-k)$ – количество матриц без нулевых строк с размерностью $(n-k)\times m$. Каждая такая матрица может быть преобразована в матрицу с размерностью $n \times m$ путем добавления k строк, содержащих одни нули. Количество способов таких преобразований равно числу k-элементных подмножеств множества из n элементов, то есть биноминальному коэффициенту C_n^k.

С другой стороны, значение функции $g_{a_1,a_2,\ldots,a_m}(n)$ вычисляется как количество целых неотрицательных решений системы уравнений:

$$\begin{cases} q_{1,1} + q_{2,1} + \cdots + q_{n,1} = a_1 \\ q_{1,2} + q_{2,2} + \cdots + q_{n,2} = a_2 \\ \vdots \\ q_{1,m} + q_{2,m} + \cdots + q_{n,m} = a_m \end{cases}$$

Очевидно, что

$$g_{a_1,a_2,\ldots,a_m}(n) = \prod_{i=1}^{m} \overline{C}_n^{a_i} = \prod_{i=1}^{m} C_{a_i+n-1}^{a_i}. \quad (6)$$

В формуле (6) под знаком произведения находится величина $\overline{C}_n^{a_i} = C_{a_i+n-1}^{a_i}$ – количество сочетаний с повторениями из n элементов по a_i [Холл, 1970], устанавливающая количество решений i-того уравнения системы [Ежов и др., 1977].

Для проведения дальнейших рассуждений сформулируем и докажем утверждение о взаимном обращении функций специального вида, определяющее одно из большого многообразия комбинаторных тождеств с биноминальными коэффициентами [Риордан, 1982].

Утверждение (правило обращения). Пусть f и g – функции, определенные на множестве целых положительных чисел и принимающие целые неотрицательные значения. Если $g(n)=\sum_{k=0}^{n-1}C_n^k\cdot f(n-k)$ для $\forall n\in\{1,2,\ldots\}$, то $f(n)=\sum_{m=0}^{n-1}(-1)^m\cdot C_n^m\cdot g(n-m)$, и наоборот, если $f(n)=\sum_{m=0}^{n-1}(-1)^m\cdot C_n^m\cdot g(n-m)$ для $\forall n\in\{1,2,\ldots\}$, то $g(n)=\sum_{k=0}^{n-1}C_n^k\cdot f(n-k)$.

Доказательство. Выполним подстановку $f(n)=\sum_{m=0}^{n-1}(-1)^m\cdot C_n^m\cdot g(n-m)$ в формулу $g(n)=\sum_{k=0}^{n-1}C_n^k\cdot f(n-k)$:

$$g(n)=\sum_{k=0}^{n-1}\left(C_n^k\cdot\sum_{m=0}^{n-k-1}(-1)^m\cdot C_{n-k}^m\cdot g(n-k-m)\right)=$$

$$=C_n^0\cdot\left(C_n^0\cdot g(n)-C_n^1\cdot g(n-1)+\ldots+(-1)^{n-1}\cdot C_n^{n-1}\cdot g(1)\right)+$$

$$+C_n^1\cdot\left(C_{n-1}^0\cdot g(n-1)-C_{n-1}^1\cdot g(n-2)+\ldots+(-1)^{n-2}\cdot C_{n-1}^{n-2}\cdot g(1)\right)+\ldots+C_n^{n-1}\cdot C_1^0\cdot g(1).$$

Раскроем скобки, сгруппируем слагаемые по значениям $g(i)$ для $i=1,2,\ldots n$, и в каждом таком наборе слагаемых вынесем $g(i)$ за скобки. В результате получим:

$$C_n^0\cdot\left(C_n^0\cdot g(n)-C_n^1\cdot g(n-1)+\ldots+(-1)^{n-1}\cdot C_n^{n-1}\cdot g(1)\right)+$$

$$+C_n^1\cdot\left(C_{n-1}^0\cdot g(n-1)-C_{n-1}^1\cdot g(n-2)+\ldots+(-1)^{n-2}\cdot C_{n-1}^{n-2}\cdot g(1)\right)+\ldots+C_n^{n-1}\cdot C_1^0\cdot g(1)=$$

$$=C_n^0\cdot C_n^0\cdot g(n)-\left(C_n^0\cdot C_n^1-C_n^1\cdot C_{n-1}^0\right)\cdot g(n-1)+\ldots+$$

$$+(-1)^{n-1}\cdot\left(C_n^0\cdot C_n^{n-1}-C_n^1\cdot C_{n-1}^{n-2}+\ldots+(-1)^{n-1}\cdot C_n^{n-1}\cdot C_1^0\right)\cdot g(1)=$$

$$=\sum_{t=0}^{n-1}\left((-1)^t\cdot g(n-t)\cdot\sum_{k=0}^{t}(-1)^k\cdot C_n^k\cdot C_{n-k}^{t-k}\right)$$

Несложно видеть, что для $0\le k\le t<n$ имеет место равенство

$$C_n^k\cdot C_{n-k}^{t-k}=\frac{n!}{k!(n-k)!}\cdot\frac{(n-k)!}{(t-k)!(n-t)!}=\frac{n!}{k!(t-k)!(n-t)!}=\frac{n!}{t!(n-t)!}\cdot\frac{t!}{k!(t-k)!}=C_n^t\cdot C_t^k.$$

Для фиксированных чисел n и t величина C_n^t постоянная и

$$\sum_{k=0}^{t}(-1)^k\cdot C_n^t\cdot C_t^k=C_n^t\cdot\sum_{k=0}^{t}(-1)^k\cdot C_t^k.$$

Таким образом,

$$\sum_{t=0}^{n-1}\left((-1)^t\cdot g(n-t)\cdot\sum_{k=0}^{t}(-1)^k\cdot C_n^k\cdot C_{n-k}^{t-k}\right)=\sum_{t=0}^{n-1}\left((-1)^t\cdot g(n-t)\cdot C_n^t\cdot\sum_{k=0}^{t}(-1)^k\cdot C_t^k\right).$$

Учитывая свойство суммы знакопеременных биноминальных коэффициентов: $\sum_{k=0}^{t}(-1)^k\cdot C_t^k=\begin{cases}1, \textit{если } t=0\\0, \textit{если } t>0\end{cases}$, получим тавтологию:

$$\sum_{t=0}^{n-1}\left((-1)^t\cdot g(n-t)\cdot C_n^t\cdot\sum_{k=0}^{t}(-1)^k\cdot C_t^k\right)=g(n).$$

Далее выполним подстановку $g(n)=\sum_{k=0}^{n-1}C_n^k\cdot f(n-k)$ в формулу $f(n)=\sum_{m=0}^{n-1}(-1)^m\cdot C_n^m\cdot g(n-m)$ и проведем аналогичные действия:

$$f(n)=\sum_{m=0}^{n-1}\left((-1)^m C_n^m\cdot\sum_{k=0}^{n-m-1}C_{n-m}^k\cdot f(n-m-k)\right)=$$

$$=C_n^0\cdot\left(C_n^0\cdot f(n)+C_n^1\cdot f(n-1)+\ldots+C_n^{n-1}\cdot f(1)\right)-$$

$$-C_n^1\cdot\left(C_{n-1}^0\cdot f(n-1)+C_{n-1}^1\cdot f(n-2)+\ldots+C_{n-1}^{n-2}\cdot f(1)\right)+\ldots+(-1)^{n-1}\cdot C_n^{n-1}\cdot C_1^0\cdot f(1)=$$

$$=C_n^0\cdot C_n^0\cdot f(n)+\left(C_n^0\cdot C_n^1-C_n^1\cdot C_{n-1}^0\right)\cdot f(n-1)+\ldots+$$

$$+\left(C_n^0\cdot C_n^{n-1}-C_n^1\cdot C_{n-1}^{n-2}+\ldots+(-1)^{n-1}\cdot C_n^{n-1}\cdot C_1^0\right)\cdot f(1)=$$

$$=\sum_{t=0}^{n-1}\left(f(n-t)\cdot\sum_{k=0}^{t}(-1)^k\cdot C_n^k\cdot C_{n-k}^{t-k}\right)=\sum_{t=0}^{n-1}\left(f(n-t)\cdot C_n^t\cdot\sum_{k=0}^{t}(-1)^k\cdot C_t^k\right)=f(n).$$

В результате снова получилась тавтология. Что и требовалось доказать.

Принимая во внимание выражения 5 и 6, а также правило обращения, получим искомую формулу:

$$f_{a_1,a_2,\ldots,a_m}(n)=\sum_{k=0}^{n-1}(-1)^k\cdot C_n^k\cdot\prod_{i=1}^{m}C_{a_i+n-k-1}^{a_i}. \qquad (7)$$

Заключение

Подводя итог, по формуле (7) имеем:

1) $f(r,n)=\sum_{k=0}^{n-1}(-1)^k\cdot C_n^k\cdot\prod_{i=1}^{m}C_{a_i+n-k-1}^{a_i}$, если r является $a_1, a_2, \ldots, a_m$-эквивалентным;

2) $\psi(r)=\sum_{n=1}^{\infty}f(r,n)=\sum_{n=1}^{h}\left(\sum_{k=0}^{n-1}(-1)^k\cdot C_n^k\cdot\prod_{i=1}^{m}C_{a_i+n-k-1}^{a_i}\right)$, где r является $a_1, a_2, \ldots, a_m$-эквивалентным, а $h=\sum_{j=1}^{m}a_j$.

Полученный результат проиллюстрируем примерами разложений числа 100 в упорядоченные произведения целых сомножителей. В таблице 1 приведены множества разложений $\Omega_{100,n}$ и соответствующие им значения функции количества n-профилей числа 100.

Таблица 1
Table 1

Множества всех возможных n-профилей числа 100
и соответствующие им значения $f(100,n)$

The sets of all possible n-profiles number 100 and their corresponding values $f(100,n)$

n	$\Omega_{100,n}$	$f(100,n)$
1	{(100)}	1
2	{(2, 50), (50, 2), (4, 25), (25, 4), (5, 20), (20, 5), (10,10)}	7
3	{(2, 2, 25), (2, 25, 2), (25, 2, 2), (2, 5, 10), (2, 10 ,5), (5, 2, 10), (5, 10, 2), (10, 2, 5), (10, 5, 2), (4, 5, 5), (5, 4, 5), (5, 5, 4)}	12
4	{(2, 2, 5, 5), (2, 5, 2, 5), (2, 5, 5, 2), (5, 5, 2, 2,), (5, 2, 5, 2), (5, 2, 2, 5)}	6
5	∅	0
6	∅	0

Теперь проведем вычисления по формуле (7). Но для того, чтобы воспользоваться этой формулой, сначала требуется установить класс $a_1, a_2, \ldots, a_m$-эквивалентности числа 100. Число $100 = 2^2 \cdot 5^2$ является 2,2-эквивалентным, и получение значений $f(100,n)$ сведется к вычислению $f_{2,2}(n)$:

$$f(100,1) = f_{2,2}(1) = C_1^0 C_2^2 C_2^2 = 1;$$

$$f(100,2) = f_{2,2}(2) = C_2^0 C_3^2 C_3^2 - C_2^1 C_2^2 C_2^2 = 9 - 2 = 7;$$

$$f(100,3) = f_{2,2}(3) = C_3^0 C_4^2 C_4^2 - C_3^1 C_3^2 C_3^2 + C_3^2 C_2^2 C_2^2 = 36 - 27 + 3 = 12;$$

$$f(100,4) = f_{2,2}(4) = C_4^0 C_5^2 C_5^2 - C_4^1 C_4^2 C_4^2 + C_4^2 C_3^2 C_3^2 - C_4^3 C_2^2 C_2^2 = 100 - 144 + 54 - 4 = 6;$$

$$f(100,5) = f_{2,2}(5) = C_5^0 C_6^2 C_6^2 - C_5^1 C_5^2 C_5^2 + C_5^2 C_4^2 C_4^2 - C_5^3 C_3^2 C_3^2 + C_5^4 C_2^2 C_2^2 =$$
$$= 225 - 500 + 360 - 90 + 5 = 0;$$

$$f(100,6) = f_{2,2}(6) = C_6^0 C_7^2 C_7^2 - C_6^1 C_6^2 C_6^2 + C_6^2 C_5^2 C_5^2 - C_6^3 C_4^2 C_4^2 + C_6^4 C_3^2 C_3^2 - C_6^5 C_2^2 C_2^2 =$$
$$= 441 - 1350 + 1500 - 720 + 135 - 6 = 0.$$

Получившиеся результаты вычислений полностью совпадают с данными из табл. 1. Используя данные табл. 1, легко найти значение $\psi(100) = \sum_{n=1}^{\infty} f(100,n) = 26$. Это же число получается и в результате вычислений:

$$\psi(100) = \sum_{n=1}^{4} f_{2,2}(n) = 1 + 7 + 12 + 6 = 26.$$

Список литературы

1. Бухштаб А.А. 2015. Теория чисел. Санкт-Петербург, изд. Лань 384 с.
2. Виленкин Н.Я. Виленкин П.А. Виленкин А.Н. 2019. Комбинаторика. Издательство М. МЦНМО. 400 стр.
3. Виноградов И.М. 2018. Основы теории чисел М., Издательство Юрайт, 102 с.
4. Гринблат Л.Ш. 2017 Алгебры множеств и комбинаторика ультрафильтров. Издательство М. МЦНМО. 144 с.
5. Зуланке Р. Онищик А.Л. 2020. Алгебра и геометрия. Издательство М МЦНМО. 512 стр.
6. Петровский А.Б. 2018. Теория измеримых множеств и мультимножеств. Издательство М. Наука 360 стр.
7. Румбешт В.В., Ядута А.З. 2014. Оценка количества последовательностей, порождаемых каскадным методом. Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 21 (192). 32/1:.109–117.
8. Румбешт В.В., Ядута А.З. 2015. Анализ применения конкретных групп в каскадном методе. Научные ведомости, серия: Экономика. Информатика. 7 (204). Выпуск 34/1.
9. Румбешт В.В. 2016. Анализ и синтез процедуры порождения кумулятивных последовательностей Научные ведомости серия Экономика. Информатика. №2 (223). 37: 71–80.
10. Скхипани Д., Елиа М. 2011 Аддитивные разложения индуцированные мультипликативных характеров над конечными полями. Издательство arXiv.org.
11. Gaultier Lambert Dmitry Ostrovsky Nick Simm. 2018. Subcritical Multiplicative Chaos for Regularized Counting Statistics from Random Matrix Theory Communications in Mathematical Physics. 360: 1–54.
12. Kálmán Cziszter Mátyás Domokos. 2016. The Interplay of Invariant Theory with Multiplicative Ideal Theory and with Arithmetic Combinatorics. Multiplicative Ideal Theory and Factorization Theory. pp 43–95.
13. Love Forsberg. 2016. Multisemigroups with multiplicities and complete ordered semi-rings. Beiträge zur Algebra und Geometrie. Contributions to Algebra and Geometry. 58: 405–426 (2017).

14. Thomas W. 2009. Cusick Pantelimon Stanica. “Cryptographic Boolean Functions and Applica-tions”. Academic Press is an imprint of Elsevier 525 B Street, Suite 1900, San Diego, CA92101-4495, USA Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK. First edition 2009.

15. Shuhei Mano. 2018. Measures on Partitions. Partitions, Hypergeometric Systems, and Dirichlet Processes in Statistics. pp 11–43.

16. Wenbo Sun. 2018. A structure theorem for multiplicative functions over the Gaussian integers and applications Journal d'Analyse Mathématique. 134: 55–105.

References

1. Buchstab A.A. 2015. number Theory. St. Petersburg, ed. DOE 384 PP. (in Russian).

2. Vilenkin N.Ya., Vilenkin P.A., Vilenkin A.N. 2019. Combinatorics. M mcnmo publishing house 400 pages. (in Russian).

3. Vinogradov I.M. 2018. Fundamentals of number theory, Moscow, yurayt publishing house, 102 p. (in Russian).

4. Greenblat L.S. 2017. Set Algebras and ultrafilter combinatorics. M publishing house mtsnmo, 144 p. (in Russian).

5. Zulanke R., Onishchik A.L. 2020. Algebra and geometry. M mcnmo publishing house 512 pages. (in Russian).

6. Petrovsky A.B. 2018. Theory of measurable sets and multisets. M Nauka publishing house 360 pages. (in Russian).

7. Rumbesht V.V., Yaduta A.Z. 2014. Evaluation of the number of sequences generated by the cascade method. Belgorod State University Scientific Bulletin: History Political science Economics Information technologies, 21 (192). 32/1: 109–117. (in Russian).

8. Rumbesht V.V., Yaduta A.Z. 2015. Analysis of the application specific groups in the cascade method Belgorod State University Scientific Bulletin: Economics Information technologies, 7 (204). 34/1: 105–115. (in Russian).

9. Rumbesht V.V. 2016. Analysis and synthesis procedures for the generation of cumulative sequences Belgorod State University Scientific Bulletin: Economics Information technologies, 2 (223). 37: (71–80). (in Russian).

10. Schipani D.M. 2011. Elia Additive decompositions induced by multiplicative characters over finite fields. Publishing house arXiv.org. (in Russian).

11. Gaultier Lambert Dmitry Ostrovsky Nick Simm. 2018. Subcritical Multiplicative Chaos for Regularized Counting Statistics from Random Matrix Theory Communications in Mathematical Physics. 360: 1–54.

12. Kálmán Cziszter Mátyás Domokos. 2016. The Interplay of Invariant Theory with Multiplicative Ideal Theory and with Arithmetic Combinatorics. Multiplicative Ideal Theory and Factorization Theory, pp 43–95.

13. Love Forsberg. 2016. Multisemigroups with multiplicities and complete ordered semi-rings. Beiträge zur Algebra und Geometrie. Contributions to Algebra and Geometry. 58: 405–426(2017).

14. Thomas W. Cusick Pantelimon Stanica. “Cryptographic Boolean Functions and Applica-tions”. Academic Press is an imprint of Elsevier 525 B Street, Suite 1900, San Diego, CA92101-4495, USA Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP,UK. First edition 2009.

15. Shuhei Mano. 2018. Measures on Partitions. Partitions, Hypergeometric Systems, and Dirichlet Processes in Statistics, pp 11–43.

16. Wenbo Sun. 2018. A structure theorem for multiplicative functions over the Gaussian integers and applications Journal d'Analyse Mathématique. 134: 55–105.

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Румбешт В.В., Бурданова Е.В. 2020. Комбинаторика упорядоченных мультипликативных разложений. Экономика. Информатика. 47 (1): 126–134. DOI:

Rumbesht V.V., Burdanova E.V. 2020. Combinatorics an ordered multiplicative decompositions. Economics. Information technologies. 47 (1): 126–134 (in Russian). DOI:

УДК 658.51.012
DOI

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКОМ МАТЕРИАЛА НА ВХОДЕ МАГИСТРАЛЬНОГО КОНВЕЙЕРА

OPTIMAL MATERIAL FLOW CONTROL AT THE INPUT OF THE MAIN CONVEYOR

О.М. Пигнастый[1], В.Д. Ходусов[2]
O.M. Pihnastyi[1], V.D. Khodusov[2]

[1)] Национальный технический университет «ХПИ», Украина, 61002, Харьков, ул. Пушкинская, д. 79-2
[2)] Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина, Украина, 61108, Харьков, пр. Курчатова, д. 31

[1)] National Technical University "KhPI", 79-2 Pushkinskaya St, Kharkiv, 61102, Ukraine
[2)] Karazin Kharkiv National University, 31 Kurchatov Ave., Kharkov, 61108, Ukraine

E-mail: pihnastyi@gmail.com, vdkhodusov@karazin.ua

Аннотация
В статье решена задача оптимального управления величиной входного потока материала магистрального конвейера с аккумулирующим бункером. Для описания магистрального конвейера использована PDE-model поточной линии. Магистральный конвейер представлен в виде сложной динамической распределенной системы. Предложен алгоритм построения оптимального управления потоком материала из аккумулирующего бункера. Алгоритм позволяет обеспечить минимальное отклонение выходного грузопотока материала от заданного планового значения. Синтез оптимальных управлений выполнен с учетом ограничений на размер аккумулирующего бункера и ограничения на величину управления. При проектировании оптимальных управлений полагается, что скорость конвейерной ленты магистрального конвейера является постоянной. Детально анализируется динамика заполнения материалом аккумулирующего бункера для разных алгоритмов управления. Представлены варианты точек переключения значения оптимального управления. Отдельно анализируются случаи оптимального управления, когда фазовая координата не достигает фазовых ограничений и когда фазовая координата находится на фазовом ограничении.

Abstract
The article solves the problem of optimal control of the input flow of the material of the main conveyor with an accumulating bunker. The PDE-model of the production line is used to describe the main conveyor. The main conveyor is presented as a complex dynamic distributed system. The proposed algorithm for constructing optimal control of the material flow from the accumulating bunker. The algorithm allows ensuring the minimum deviation of the output cargo flow of the material from a given planned value. The optimal controls were synthesized taking into account restrictions on the size of the accumulating bunker and restrictions on the value of the control. When designing optimal controls, it is assumed that the speed of the conveyor belt of the main conveyor is constant. The dynamic of filling the accumulating bunker for various control algorithms is analyzed in detail. The options for switching points of the optimal control value are presented. The cases of optimal control are analyzed separately when the phase coordinates have no phase constraints and when the phase coordinates are in phase constraint.

Ключевые слова: конвейер, производственная линия, предмет труда, поточная линия, PDE-модель производства, параметры состояния поточной линии, технологическая позиция, переходной период, системы управления производством, оптимальное управление, функция Понтрягина, функция Лагранжа, дифференциальные связи, аккумулирующий бункер, распределенная система.
Keywords: conveyor, a subject of labour, production line, PDE-model of the production, parameters of the state of the production line, technological position, transition period, production management systems,

optimal control, Pontryagin function, Lagrange function, differential constraints, accumulating bunker, distributed system.

Общая постановка задачи исследования и её актуальность

Существует два принципиально отличающихся способа управления выходным грузопотоком конвейерной линии. Первый способ управления величиной выходного грузопотока заключается в регулировании скорости движения конвейерной ленты [Шахмейстер и др., 1972; Lauhoff, 2005; Halepoto, et al., 2016; BARTEC, 2020; Pihnastyi, Khodusov, 2017]. Второй способ управления величиной выходного грузопотока основан на использовании на входе в конвейера аккумулирующего бункера [Разумный, Рухлов, Козарь, 2006; Проценко, 2008; Прокуда и др., 2012]. Управление выходным потоком осуществляется с определенным запаздыванием посредством изменения величины поступающего материала на вход конвейера. Как правило, второй способ управления осуществляется при постоянной скорости движения ленты.

Способ регулировки скорости конвейера используется для снижения потребления энергии [Hiltermann, et al., 2011; DIN 22101:2002-08, 2002]. Это связано с тем, что в большинстве случаев конвейерные системы функционируют в режимах, значительно отличающихся от нормативного. Изменяющаяся во времени величина потока горной породы, поступающая на вход конвейера, оказывает существенное влияние на неравномерность загруженности ленты вдоль маршрута транспортировки при нерегулируемом приводе конвейера [Semenchenko, et al., 2016]. Возможность регулировки скорости движения ленты позволяет функционировать транспортной системе в нормативном режиме, обеспечивая при этом минимальное значение потребления электроэнергии на транспортировку породы единичной массы.

Согласно стандарту DIN 22101 (Германия) [DIN 22101:2002-08, 2002] ожидается, что потребление энергии ленточного конвейера будет уменьшено. При этом существенно возрастают потенциальные риски выхода из строя элементов ленточных конвейеров из-за частого перехода из одного режима скорости движения ленты в другой режим скорости [conveyorbeltguide, 2020], что приводит к значительным финансовым затратам. В переходных режимах изменение скорости движения конвейерной ленты приводит к натяжению ленты, что является основной причиной разрыва ленты в области сращивания (рис.1), [conveyorbeltguide, 2020]. При проектировании транспортной системы необходимо учитывать и другие риски, возникающие в результате функционирования конвейерной линии в переходном режиме: проскальзывание ремня вокруг приводного шкива; утечка материала в сторону от ремня; перегрев двигателя.

Рис. 1. Выход из строя транспортной системы в результате повреждения ленты конвейера
Fig. 1. Failure of the transport system as a result of damage to the conveyor belt

Наряду с наличием потенциальных рисков разрушения транспортной системы важной проблемой является динамический анализ транспортных систем с режимом регулирования скорости движения ленты и без режима регулирования скорости [Шахмейстер, Дмитриев, Лобачёва, 1972]. Сложность динамического анализа проявляется в том, что конвейер с движущейся горной породой вдоль транспортного маршрута – это распределенная система с рядом ограничений, среди которых немаловажным является ограничение по максимальной удельной линейной нагрузке на конвейерную ленту и ограничение по максимальному объему транспортируемой массы [Шахмейстер, Дмитриев, 1978]. Конвейерная система является статистически неопределенной. Статистическая неопределенность заключается в неопределенности величины поступающего потока породы на вход конвейера (неопределенность граничных условий), что требует при расчете конвейерной линии использовать вероятностные методы [Шахмейстер, 1983].

В настоящей работе основной упор сделан на построение оптимального управления грузопотоком магистральной конвейерной линии, оснащенной аккумулирующим бункером. При использовании системы транспортировки горной породы к портовому терминалу [Shanghai Keda Heavy Industry Group, 2020] (рис.2) грузовой поток материала на выходе конвейера должен изменяться в зависимости от количества и объема загрузочных емкостей сухогрузов, а также графика подачи сухогрузов на загрузку.

а) б)

в) г)

Рис. 2. Панорама портового ленточного конвейера:
Fig. 2. Panorama of the port belt conveyor:
а) Shanghai Port, Luojing Phase II ore terminal; б) Inner Mongolia Shenhua Group Wanli Burte conveyors; в) Rubber belt conveyors for the phase I, II, and III projects of the Raw Material Factory, Baosteel Group; г) Belt conveyors in the Phase II Project of Jiangsu Dafeng Port.

Это достигается за счет того, что входной поток материалов поступает в аккумулирующий бункер. Управление потоком, выходящим из аккумулирующего бункера

и поступающим на вход конвейерной линии, позволяет сформировать требуемый грузопоток на выходе с транспортной системы.

При построении оптимального управления грузопотоком магистральной конвейерной линии предполагается, что скорость конвейерной ленты постоянна. Возможность регулировать скорость движения конвейерной ленты отсутствует. На рис. 2 представлены современные портовые ленточные конвейеры, требуемый выходной грузопоток с которых может быть обеспечен наличием аккумулирующего бункера и системой управления поступления горной породы на вход транспортной системы [Shanghai Keda Heavy Industry Group, 2020].

В качестве аккумулирующего входного устройства может быть использован спиральный накопительный конвейер, принципиальная схема которого представлена на рис. 3. Применение таких аккумулирующих устройств обосновано для организации технологических маршрутов, которые требуют одновременной аккумуляции и перемещения продукции в производственном процессе в вертикальном и горизонтальном направлении. Поступление материала с аккумулирующего устройства на вход основного магистрального конвейера осуществляется посредством регулирования скорости движения ленты в спиральном конвейере.

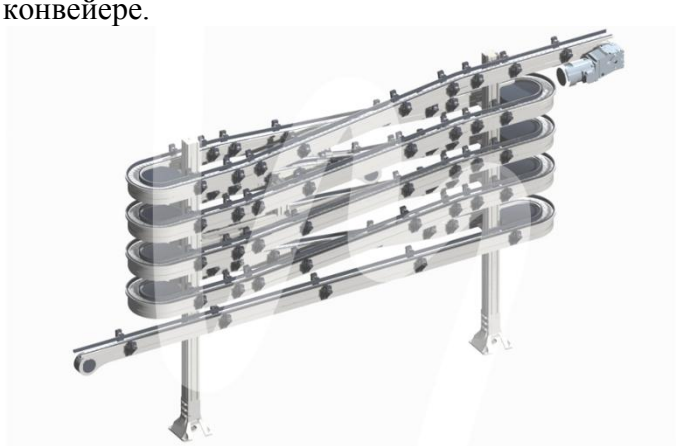


Рис. 3. Принципиальная схема спирального накопительного конвейера
Fig. 3. Schematic diagram of a spiral accumulate conveyor

Постановка проблемы и формулировка цели статьи

Целью настоящей статьи является построение распределенной модели магистральной конвейерной линии и определение оптимального управления грузопотоком магистральной конвейерной линии, оснащенной аккумулирующим бункером. При этом выделим отдельные задачи:

а) построение модели распределенной транспортной системы с входным аккумулирующим бункером;

б) постановка задачи оптимального управления потоком на входе конвейерной линии с аккумулирующего бункера;

в) синтез оптимальных управлений состоянием материалов в емкости аккумулирующего бункера и зависимости оптимального значения емкости от протяженности транспортной системы.

Модель конвейерной линии

Конвейерные системы являются разновидностью производственных систем с поточным методом организации производства. Отличительной особенностью конвейерных систем является то, что элементы перемещаются вдоль маршрута транспортировки в синхронизированном темпе с одинаковой скоростью, равной скорости движения ленты конвейера. Модель поточной линии в одномоментном приближении может быть представлена в виде [Pihnastyi, 2018]:

$$\frac{\partial[\chi]_0(t,S)}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_1(t,S)}{\partial S}=0 \quad (1)$$

$$[\chi]_1(t,S)=[\chi]_{1\psi}(t,S), \quad (2)$$

при начальных

$$[\chi]_0(0,S)=\Psi(S), \quad (3)$$

граничных условиях на входе поточной линии

$$[\chi]_1(t,0)=\lambda(t), \quad (4)$$

где S_d – координата технологической позиции для заключительной операции; $[\chi]_0(t,S)$, $[\chi]_1(t,S)$ – плотность распределения и темп обработки предметов труда в момент времени t на технологической позиции, характеризующихся координатой $S\in[0,S_d]$. $\Psi(S)$ – начальное распределение предметов труда вдоль технологического маршрута, $[\chi]_{1\psi}(t,S)$ – нормативный темп обработки предметов труда на технологических позициях, определенный в технологической производственной документации (является заданным) $\lambda(t)$ – темп поступления предметов труда на вход поточной линии.

Конвейерная линия представляет собой разновидность поточной линии. Принципиальная особенность моделирования конвейерной линии для промышленного предприятия заключается в том, что предметы труда, расположенные на конвейерной ленте, движутся с одинаковой скоростью. Этот факт позволяет записать систему уравнений (1)-(4) в следующем виде [Pihnastyi, Khodusov, 2017]:

$$\frac{\partial[\chi]_0(t,S)}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_1(t,S)}{\partial S}=\delta(S)\lambda(t), \qquad \int_{-\infty}^{\infty}\delta(S)dS=1, \quad (5)$$

$$[\chi]_1(t,S)=a(t)\cdot[\chi]_0(t,S), \quad (6)$$

при начальных условиях

$$[\chi]_0(0,S)=\mathrm{H}(S)\cdot\Psi(S), \qquad \mathrm{H}(S)=\begin{cases}0, & S<0,\\ 1, & S\geq 0,\end{cases} \qquad S\in[0;S_d]. \quad (7)$$

Потоковые параметры $[\chi]_0(t,S)$ и $[\chi]_1(t,S)$ связаны между собой коэффициентом $a=a(t)$ (метр/час), который определяет скорость движения ленты конвейерной линии. Правая часть уравнения (5) $\delta(S)\lambda(t)$ учитывает источник поступления материала на первую технологическую операцию ($S=0$ (метр)), $\delta(S)$–дельта функция. Интенсивность поступления горной породы на конвейерную линию представлена функцией $\lambda(t)$, характеризующей мощность линии (тонна/час). В начальный момент времени $t=0$ (час) на конвейерной линии находится материал, который распределен по ленте с линейной плотностью $[\chi]_0(0,S)$ (тонна/метр). Функция $\delta(S)$ определяет место поступления материала на конвейерную линию: $S=0$. Система уравнений (5), (6) является замкнутой относительно потоковых параметров $[\chi]_0(t,S)$ и $[\chi]_1(t,S)$. Условие замыкания (6) отражает особенность функционирования конвейерной линии, заменило условие (2) в системе уравнений (1)–(4). Следует заметить, что условие (2) для проектирования поточных линий в одномоментном описании является приближенным [Пигнастый, 2007]. Точность приближения определяется количеством $\mathrm{N_m}$ предметов труда, которые находятся в межоперационных заделах перед каждой из m–ой технологической операцией. При $\mathrm{N_m}\to\infty$ приближенное равенство (2) переходит в точное равенство. Таким образом, условие (6) позволяет построить точное решение системы уравнений (5)–(7) относительно потоковых параметров $[\chi]_0(t,S)$ и $[\chi]_1(t,S)$.

Разобьем технологический маршрут протяженностью S_d на M участков $\Delta S_m = S_m - S_{m-1}$, $S_0 = 0$. Проинтегрируем уравнение (5) в пределах участка длиной ΔS_m

$$\int_{S_{m-1}}^{S_m} \frac{\partial[\chi]_0(t,S)}{\partial t} dS + \int_{S_{m-1}}^{S_m} \frac{\partial[\chi]_1(t,S)}{\partial S} dS = \int_{S_{m-1}}^{S_m} \delta(S)\lambda(t) dS . \quad (8)$$

Принимая во внимание

$$\int_{S_{m-1}}^{S_m} \frac{\partial[\chi]_0(t,S)}{\partial t} dS = \frac{\partial}{\partial t} \int_{S_{m-1}}^{S_m} [\chi]_0(t,S) dS = \frac{dN_m}{dt}, \qquad \int_{S_{m-1}}^{S_m} [\chi]_0(t,S) dS = N_m, \quad (9)$$

$$\int_{S_{m-1}}^{S_m} \frac{\partial[\chi]_1(t,S)}{\partial S} dS = [\chi]_1(t,S_m) - [\chi]_1(t,S_{m-1}), \quad (10)$$

$$\int_{S_{m-1}}^{S_m} \delta(S)\lambda(t) dS = \lambda(t) \int_{S_{m-1}}^{S_m} \delta(S) dS = \begin{cases} \lambda(t), & if \quad S_{m-1} = 0; \\ 0, & if \quad S_{m-1} \neq 0, \end{cases} \quad (11)$$

уравнение (8) может быть представлено в следующем виде

$$\frac{dN_1}{dt} + [\chi]_1(t,S_1) = \lambda(t), \ \frac{dN_m}{dt} + [\chi]_1(t,S_m) - [\chi]_1(t,S_{m-1}) = 0, \ [\chi]_1(t,0) \equiv 0. \quad (12)$$

Условие $[\chi]_1(t,0) \equiv 0$ свидетельствует о том, что при условии отсутствия источника поступления материалов ($\lambda(t)$=0), поток материалов на входе конвейерной линии равен нулю. Если участок ΔS_m соответствует m-ой технологической операции производственной поточной линии, то уравнения (10)–(12) определяют изменения состояния межоперационных заделов перед m-ой технологической операцией. Система уравнений (12) наглядно демонстрирует, как влияет величина интенсивности источника $\lambda(t)$ поступления материалов и его месторасположение на состояние межоперационных заделов вдоль технологического маршрута производственной линии.

Принципиальная схема магистральной конвейерной линии с аккумулирующим бункером на входе представлена на рис. 4 [conveyorbeltguide, 2020]. Поток горной породы должен поступать на вход конвейерной линии от аккумулирующего бункера с интенсивностью, необходимой для обеспечения требуемого заданного грузопотока на выходе. Дополним систему уравнений (5)–(7) уравнением, моделирующим работу аккумулирующего бункера:

$$\frac{dN_0(t)}{dt} = \lambda_b(t) - \lambda(t), \quad N_0(0) = N_{0start}, \qquad 0 \le N_0 \le N_b, 0 \le \lambda(t) \le \lambda_{\max}, \quad (13)$$

$N_0(t)$ –текущее состояние количества материалов в аккумулирующем бункере емкостью N_b. Поток материалов на вход в аккумулирующий бункер $\lambda_b(t)$ является известным. Также будем полагать, что задан требуемый поток $\sigma(t)$ на выходе с транспортной системы, который определен графиком отгрузки породы потребителю. Представим систему уравнений (5)–(7),(12) в безразмерном виде. Состояние параметров конвейерной линии будем описывать безразмерными переменными [Pihnastyi, Khodusov, 2017]:

$$\tau = \frac{t}{T_d}, \qquad \xi = \frac{S}{S_d}, \quad (14)$$

$$\theta_0(\tau,\xi) = \frac{[\chi]_0(t,S)}{\Theta}, \ \psi(\xi) = \frac{\Psi(S)}{\Theta}, \qquad n_0(\tau) = \frac{\mathrm{N_0(t)}}{S_d\Theta}, \ \vartheta(\tau) = \sigma(t)\frac{T_d}{S_d\Theta},$$

$$\gamma(\tau) = \lambda(t)\frac{T_d}{S_d\Theta}, \qquad \gamma_b(\tau) = \lambda_b(t)\frac{T_d}{S_d\Theta}, \quad (15)$$

$$g(\tau)=a(t)\frac{T_d}{S_d},\ \Theta=\max\left\{\Psi(S),\frac{\lambda(t)}{a(t)}\right\},\qquad \delta(\xi)=S_d\delta(S),H(\xi)=H(S). \tag{16}$$

Полагаем, что при остановке конвейерной линии $a(t)=0$ интенсивность поступления материалов $\lambda(t)$=0. Значение погонной нагрузки на конвейерную ленту не должно превышать предельно-допустимого значения $[\chi]_0(t,S)\le[\chi]_{0\max}$, что и определяет предел для отношения $\frac{\lambda(t)}{a(t)}=[\chi]_0(t,0)\le[\chi]_{0\max}$. Это позволяет определить промежуток времени $\Delta t_{[\chi]_{0\max}}$, в течение которого погонная нагрузка в окрестности позиции S=0 достигнет предельного значения $[\chi]_{0\max}$

$$\Delta t_{[\chi]_{0\max}}\approx\frac{[\chi]_{0\max}\Delta S_{[\chi]_{0\max}}}{\lambda(t)}, \tag{17}$$

где $\Delta S_{[\chi]_{0\max}}$ – протяженность пятна контакта насыпного материала с конвейерной лентой при остановке конвейера и продолжающемся поступлении материала из аккумулирующего бункера. Используемое ограничение $[\chi]_0(t,S)\le[\chi]_{0\max}$ позволяет утверждать, что после перезапуска линии конвейер сможет функционировать в нормативном режиме. Следует обратить внимание на то, что при количественном значении безразмерной величины $n_0(\tau)=1.0$ при $\Theta=[\chi]_{0\max}$ аккумулирующий бункер содержит такое количество материала $\mathrm{N}_0(\mathrm{t})$, которое позволит заполнить конвейерную линии по всей длине с максимально допустимой нагрузкой $\mathrm{N}_0(\mathrm{t})=S_d\Theta$.

С учетом введенных обозначений (14)–(16) уравнение баланса потоковых параметров конвейерной линии записывается в безразмерном виде [Pihnastyi, Khodusov, 2017]:

$$\frac{\partial\theta_0(\tau,\xi)}{\partial\tau}+g(\tau)\frac{\partial\theta_0(\tau,\xi)}{\partial\xi}=\delta(\xi)\gamma(\tau), \tag{18}$$

$$\theta_0(0,\xi)=\mathrm{H}(\xi)\psi(\xi), \tag{19}$$

$$\frac{dn_0(t)}{dt}=\gamma_b(\tau)-\gamma(\tau), \tag{20}$$

$$n_0(0)=n_{0start},\qquad 0\le n_0(\tau)\le n_b,\qquad 0\le\gamma(\tau)\le\gamma_{\max}. \tag{21}$$

Решение системы уравнений (5)–(7) с использованием безразмерных обозначений из (14)–(16) представлено в [Pihnastyi, Khodusov, 2017]. Принимая во внимание полученное решение, запишем (18)–(19) в виде

$$\theta_0(\tau,\xi)=\left[H(\xi)-H\left(-G(\tau_\xi)\right)\right]\frac{\gamma(\tau_\xi)}{g(\tau_\xi)}+H\left(-G(\tau_\xi)\right)\psi\left(-G(\tau_\xi)\right), \tag{22}$$

$$G(\tau)=\int g(\tau)d\tau,\qquad G^{-1}\left(G(\tau)-\xi\right)=\tau_\xi, \tag{23}$$

$$\frac{dn_0(t)}{dt}=\gamma_b(\tau)-\gamma(\tau), \tag{24}$$

$$n_0(0)=n_{0start},\qquad 0\le n_0(\tau)\le n_b,\qquad 0\le\gamma(\tau)\le\gamma_{\max}. \tag{25}$$

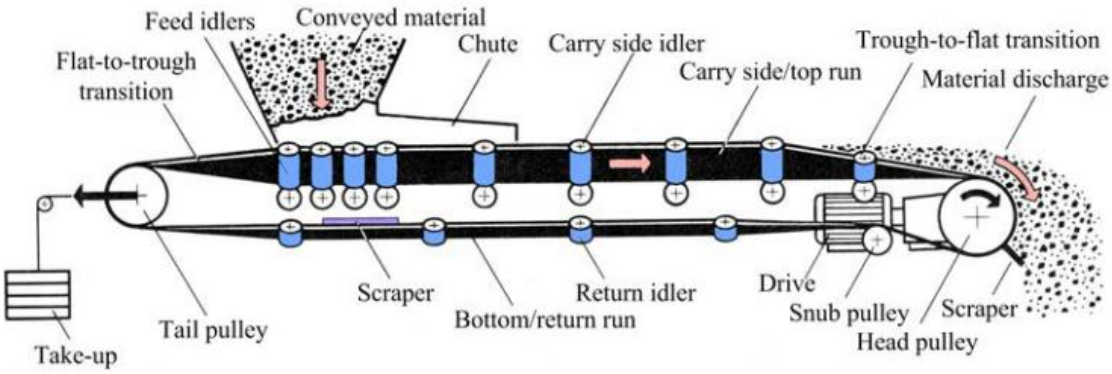


Рис. 4. Принципиальная схема магистральной конвейерной линии
Fig. 4. Schematic diagram of the main conveyor line

При управлении транспортным потоком с конвейерной линии, на которой присутствует аккумулирующий буфер, будем полагать скорость движения ленты постоянной $g(\tau) = g_0 = const$. Предполагается, что имеется возможность остановить конвейер при синхронном прекращении поступления материалов на его вход. Для постоянной скорости движения ленты конвейера

$$G(\tau) = \int g(\tau) d\tau = g_0 \tau \tag{26}$$

следует

$$\tau_\xi = G^{-1}\big(G(\tau) - \xi\big) = \frac{G(\tau) - \xi}{g_0} = \frac{g_0\tau - \xi}{g_0} = \tau - \frac{\xi}{g_0}, \tag{27}$$

$$\theta_0(\tau,\xi) = \big[H(\xi) - H\big(\xi - g_0\tau\big)\big]\frac{\gamma\left(\tau - \dfrac{\xi}{g_0}\right)}{g_0} + H\big(\xi - g_0\tau\big)\psi\big(\xi - g_0\tau\big). \tag{28}$$

Выражение (28) определяет состояние плотности распределения материала $\theta_0(\tau,\xi)$ вдоль маршрута транспортировки в произвольный момент времени τ. Остановим свое внимание на исследовании функционирования транспортной системы для времен $\tau > \dfrac{\xi}{g_0}$. Это позволит представить решение (28) в упрощенном виде

$$\theta_0(\tau,\xi) = \frac{\gamma\left(\tau - \dfrac{\xi}{g_0}\right)}{g_0}, \qquad \tau > \frac{\xi}{g_0}, \qquad g_0 > 0. \tag{29}$$

Для того, чтобы определить в произвольном месте маршрута ξ величину линейной плотности $\theta_0(\tau,\xi)$ в момент времени τ требуется знать значение входного потока материалов на конвейерную линию $\lambda(t)$ в момент времени $\tau_\xi = \tau - \dfrac{\xi}{g_0}$, которое фиксируется измерительно-весовой аппаратурой конвейерной линии. Взаимосвязь между значениями величины линейной плотности $\theta_0(\tau,\xi)$ в произвольных точках транспортного маршрута ξ_1 и ξ_2 при постоянной скорости движения конвейерной ленты детально исследована в [Старков, 2000]. Принимая во внимание уравнения (26), (29), систему уравнений (22)-(25) приведем к виду:

$$\theta_0(\tau,1) = \frac{\gamma\big(\tau - 1/g_0\big)}{g_0}, \qquad 0 \le \gamma(\tau) \le \gamma_{\max}, \tag{30}$$

$$\frac{dn_0(t)}{dt} = \gamma_b(\tau) - \gamma(\tau), \tag{31}$$

$$n_0(0) = n_{0start}, \qquad 0 \le n_0(\tau) \le n_b. \tag{32}$$

что позволяет определить потоковые параметры на выходе конвейерной линии $\xi = 1$. Поток материалов на выходе с конвейерной линии $\theta_1(\tau,1)$ при постоянной скорости движения ленты определяется произведением g_0 и $\theta_0(\tau,1)$

$$\theta_1(\tau,1) = g_0\theta_0(\tau,1) = g_0\frac{\gamma(\tau - 1/g_0)}{g_0} = \gamma(\tau - 1/g_0), \tag{33}$$

Задача оптимального управления потоком материала, поступающего из аккумулирующего бункера на вход конвейерной линии

Сформулируем задачу построения оптимальной программы управления потоком материала $\lambda(\tau) = u(\tau)$, поступающего на вход конвейерной линии из аккумулирующего бункера для установившегося режима работы конвейерной линии (22)–(25): определить выход продукции $\theta_1(\tau,1) = g_0\theta_0(\tau,1)$ с конвейерной линии в течение промежутка времени $\tau = [0,\tau_k]$ при непрерывном управлении потоком материала $\lambda(\tau) = u(\tau)$, поступающего с аккумулирующего буфера на вход конвейерной линии, который приводит к минимуму функционал

$$\int_0^{\tau_k} |\theta_1(\tau,1) - \vartheta(\tau)| d\tau \to \min \tag{34}$$

при дифференциальных связях (18), (20)

$$\frac{\partial\theta_0(\tau,\xi)}{\partial\tau} + g_0\frac{\partial\theta_0(\tau,\xi)}{\partial\xi} = \delta(\xi)u(\tau), \tag{35}$$

$$\frac{dn_0(t)}{dt} = \gamma_{buffer}(\tau) - u(\tau), \tag{36}$$

ограничениях на линейную плотность (21)

$$0 \le \theta_0(\tau,\xi) \le \theta_{0\max}, \tag{37}$$

ограничениях на величину материала в аккумулирующем буфере (21)

$$0 \le n_0(\tau) \le n_b, \tag{38}$$

ограничениях на величину потока материалов, поступающего из аккумулирующего буфера (21)

$$0 \le \gamma(\tau) \le \gamma_{\max},$$

ограничениях на управление

$$u_{\min} \le u(\tau) \le u_{\max}, \quad u_{\min} < \vartheta_{\min} \le \vartheta(\tau) \le \vartheta_{\max} < u_{\max} \tag{39}$$

и начальных условиях (19), (32)

$$\theta_0(0,\xi) = \mathrm{H}(\xi)\psi(\xi), \tag{40}$$

$$n_0(0) = n_{0start}. \tag{41}$$

Переформулируем задачу (34)–(41), принимая во внимание решение уравнения (30) $\theta_1(\tau,1) = \theta_1(\tau - 1/g_0,0)$: определить выход продукции $\theta_1(\tau,1)$ с конвейерной линии в течение промежутка времени $\tau = [0,\tau_k]$ при непрерывном управлении потоком материала $\lambda(\tau) = u(\tau)$, поступающего с аккумулирующего бункера на вход конвейерной линии, который приводит к минимуму функционал

$$\int_0^{\tau_k - 1/g_0} |\theta_1(\tau,0) - \vartheta(\tau + 1/g_0)| d\tau \to \min, \ \tau_k \ge 1/g_0, \tag{42}$$

при дифференциальных связях, основанных на системе уравнений (30)–(32)

$$\frac{dn_0(\tau)}{d\tau} = \gamma_b(\tau) - u(\tau), \qquad \theta_1(\tau,0) = u(\tau), \tag{43}$$

ограничениях на линейную плотность

$$0 \le \theta_0(\tau,\xi) \le \theta_{0\max}, \tag{44}$$

ограничениях на состояние величины материала в аккумулирующем буфере

$$0 \le n_0(\tau) \le n_b, \tag{45}$$

ограничениях на управление

$$0 \le u(\tau) \le \gamma_{\max}, \qquad u_{\min} < \vartheta_{\min} \le \vartheta(\tau) \le \vartheta_{\max} < u_{\max} \tag{46}$$

и начальных условиях

$$n_0(0) = n_{0start}. \tag{47}$$

Функция Понтрягина и сопряженная система имеет вид [25]:

$$H = -\left|u(\tau) - \vartheta(\tau + 1/g_0)\right| + \psi_1(\gamma_b(\tau) - u(\tau)) \to \max, \tag{48}$$

$$\frac{d\psi_1}{d\tau} = -\frac{\partial H}{\partial n_0} = 0, \qquad \psi_1(\tau_k - \tau_0) = 0. \tag{49}$$

Так как условие $n_0(\tau_k)$ не задано, то $\psi_1(\tau_k - \tau_0) = 0$. Введенный критерий качества (42) соответствует исходному критерию качества (34):

$$\int_0^{\tau_k} \left|\theta_1(\tau,1) - \vartheta(\tau)\right| d\tau = \int_0^{\tau_k} \left|\theta_1(\tau - 1/g_0, 0) - \vartheta(\tau)\right| d\tau =$$

$$= A + \int_{1/g_0}^{\tau_k} \left|\theta_1(\tau - 1/g_0, 0) - \vartheta(\tau)\right| d\tau = A + \int_0^{\tau_k - 1/g_0} \left|\theta_1(\tau,0) - \vartheta(\tau + 1/g_0)\right| d\tau \to \min,$$

$$A = \int_0^{1/g_0} \left|\theta_1(\tau - 1/g_0, 0) - \vartheta(\tau)\right| d\tau = const$$

Наличие константы A свидетельствует о том факте, что в случае постоянной скорости движения конвейерной ленты $g_0 = const$ на интервале $\tau = [0,\ 1/g_0]$ критерий качества инвариантен относительно управления $u(\tau)$ входными параметрами конвейерной линии. На этом интервале выходной поток с конвейерной линии является неуправляемым.

Синтез оптимальных управлений

Для синтеза оптимальных управлений зададим вид функций $\vartheta(\tau)$ и $\gamma_b(\tau)$. Положим, что материалы поступают в буфер с постоянной интенсивностью $\gamma_b(\tau) = 1$. Вид функции $\vartheta(\tau)$ определим как $\vartheta(\tau) = 1 + \sin(\pi\tau)$. При отсутствии фазовых ограничений (45) оптимальное управление определяется значением функции $\vartheta(\tau)$ в момент времени $(\tau + 1/g_0)$

$$u(\tau) = \vartheta(\tau + 1/g_0) = 1 + \sin\left(\pi\ (\tau + 1/g_0)\right), \tag{50}$$

так как из интегрирования уравнения (49) следует $\psi_1(\tau) = const = 0$.

Это позволяет записать функцию Понтрягина в сокращенной форме

$$H = -\left|u(\tau - 1/g_0) - \vartheta(\tau)\right| \to \max. \tag{51}$$

Получим для оптимального управления динамику изменения состояния запаса материалов $n_0(\tau)$ в аккумулирующем бункере. С учетом (50) уравнение (43) будет иметь вид

$$\frac{dn_0(\tau)}{d\tau} = \gamma(\tau) - \vartheta(\tau+\tau_0) = -\sin\left(\pi\ (\tau+\tau_0)\right), \qquad (52)$$

где $\tau_0 = 1/g_0$ – величина опережения. Значение функции $\vartheta(\tau)$ в момент времени $(\tau+\tau_0)$ известно, определяется, например, планами загрузки материалами поступивших на загрузку сухогрузов. Используя теорему опережения оригинала

$$f(\tau+\tau_0) \Leftarrow e^{p\tau_0}\left(F(p) - \int_0^{\tau_0} f(\zeta)e^{-p\zeta}d\zeta\right),$$

найдем изображение функции $\sin\left(\pi\ (\tau+\tau_0)\right)$:

$$\sin\left(\pi\ (\tau+\tau_0)\right) \Leftarrow e^{p\tau_0}\left(\frac{\pi}{p^2+\pi^2} - \int_0^{\tau_0}\sin(\pi\zeta)e^{-p\zeta}d\zeta\right) =$$

$$= \left|\begin{array}{l}
\int_0^{\tau_0}\sin(\pi\zeta)e^{-p\zeta}d\zeta = -\frac{1}{\pi}\int_0^{\tau_0}e^{-p\zeta}d\cos(\pi\zeta) = -\frac{1}{\pi}\left(e^{-p\zeta}\cos(\pi\zeta)\Big|_0^{\tau_0} - (-p)\int_0^{\tau_0}\cos(\pi\zeta)e^{-p\zeta}d\zeta\right) = \\
= -\frac{1}{\pi}\left(e^{-p\tau_0}\cos(\pi\tau_0) - 1 + p\int_0^{\tau_0}\cos(\pi\zeta)e^{-p\zeta}d\zeta\right) = -\frac{1}{\pi}\left(e^{-p\tau_0}\cos(\pi\tau_0) - 1 + \frac{p}{\pi}\int_0^{\tau_0}e^{-p\zeta}d\sin(\pi\zeta)\right) = \\
= -\frac{1}{\pi}\left(e^{-p\tau_0}\cos(\pi\tau_0) - 1 + \frac{p}{\pi}\left(e^{-p\zeta}\sin(\pi\zeta)\Big|_0^{\tau_0} - (-p)\int_0^{\tau_0}\sin(\pi\zeta)e^{-p\zeta}d\zeta\right)\right) = \\
= -\frac{1}{\pi}\left(e^{-p\tau_0}\cos(\pi\tau_0) - 1 + \frac{p}{\pi}\left(e^{-p\tau_0}\sin(\pi\tau_0) + p\int_0^{\tau_0}\sin(\pi\zeta)e^{-p\zeta}d\zeta\right)\right) = \\
= -\frac{1}{\pi}e^{-p\tau_0}\cos(\pi\tau_0) + \frac{1}{\pi} - \frac{p}{\pi^2}e^{-p\tau_0}\sin(\pi\tau_0) - \frac{p^2}{\pi^2}\int_0^{\tau_0}\sin(\pi\zeta)e^{-p\zeta}d\zeta; \\
\int_0^{\tau_0}\sin(\pi\zeta)e^{-p\zeta}d\zeta = \frac{\left(-\pi e^{-p\tau_0}\cos(\pi\tau_0) + \pi - pe^{-p\tau_0}\sin(\pi\tau_0)\right)}{p^2+\pi^2}.
\end{array}\right| =$$

$$= e^{p\tau_0}\left(\frac{\pi}{p^2+\pi^2} - \frac{\left(-\pi e^{-p\tau_0}\cos(\pi\tau_0) + \pi - pe^{-p\tau_0}\sin(\pi\tau_0)\right)}{p^2+\pi^2}\right) = \frac{\pi\cos(\pi\tau_0) + p\sin(\pi\tau_0)}{p^2+\pi^2}.$$

Запишем решение уравнения (52) в изображениях [Араманович, Лунц, Эльсгольц, 1968; Старков, 2000]

$$pN_0(p) - n_{0start} = -\frac{\pi\cos(\pi\tau_0) + p\sin(\pi\tau_0)}{p^2+\pi^2},\ N_0(p) = \frac{n_{0start}}{p} - \frac{\pi\cos(\pi\tau_0)}{p\left(p^2+\pi^2\right)} - \frac{\sin(\pi\tau_0)}{p^2+\pi^2}. \qquad (53)$$

Принимая во внимание, что

$$\frac{1}{p}\to 1, \frac{1}{p\left(p^2+\pi^2\right)} \to \frac{1}{\pi^2}\left(1-\cos(\pi\tau)\right), \qquad \frac{1}{p^2+\pi^2} = \frac{1}{\pi}\sin(\pi\tau),$$

решение уравнения (52), (53) примет окончательную форму (рис.5)

$$n_0(\tau) = n_{0start} - \frac{1}{\pi^2}\left(1-\cos(\pi\tau)\right)\pi\cos(\pi\tau_0) - \frac{1}{\pi}\sin(\pi\tau)\sin(\pi\tau_0) =$$

$$= n_{0start} - \frac{1}{\pi}\cos(\pi\tau_0) + \frac{1}{\pi}\left(\ \cos(\pi\tau)\cos(\pi\tau_0) - \sin(\pi\tau)\sin(\pi\tau_0)\ \right) =$$

$$= n_{0start} + \frac{1}{\pi}\cos\left(\ \pi(\tau+\tau_0)\ \right) - \frac{1}{\pi}\cos(\pi\tau_0) \qquad (54)$$

Выражение (54) определяет решение задачи оптимального управления аккумулирующим буфером при отсутствии фазовых ограничений на $n_0(\tau)$ при

оптимальном управлении (50). Для определенности будем полагать, что скорость движения конвейерной ленты $g_0 = 1$, откуда $\tau_0 = 1/g_0 = 1$ и следовательно

$$n_0(\tau) = n_{0start} + \frac{1-\cos(\pi\tau)}{\pi} \quad .$$

Функция $n_0(\tau)$ принимает значение в диапазоне

$$n_{0start} \le n_0(\tau) \le n_{0start} + \frac{2}{\pi}.$$

Очевидно, что при

$$0 \le n_0(\tau) \le n_{0start} + \frac{2}{\pi} \le n_b \qquad (55)$$

решение с фазовыми ограничениями (45) будет совпадать с (54).

Предположим, что в момент времени τ условия $0 \le n_0(\tau)$ или $n_0(\tau) \le n_b$ не выполняются. С учетом обозначений (48), Лагранжиан запишем следующим образом [Понтрягин, Болтянский, Гамкрелидзе, 1983]

$$L = H + \mu_1 n_0 + \mu_2(n_b - n_0) = -|u(\tau) - \vartheta(\tau+\tau_0)| + \psi_1(1-u) + \mu_1 n_0 + \mu_2(n_b - n_0), \qquad (56)$$

$$\mu_1 \ge 0,\ \mu_1 n_0 = 0, \qquad \mu_2 \ge 0, \qquad \mu_2(n_b - n_0) = 0, \qquad \tau_0 = 1.$$

$$\frac{dn_0}{d\tau} = 1-u, \qquad \frac{d\psi_1}{d\tau} = -\frac{\partial H}{\partial n_0} = -\mu_1 + \mu_2, \qquad \psi_1(\tau_k - \tau_0) = 0. \qquad (57)$$

Максимум функции Понтрягина (48) при $0 < n_0(\tau) < n_{buffer}$ может достигаться на конечных значениях $u(\tau)$:

	$u(\tau) < \vartheta(\tau+\tau_0)$	$u(\tau) = \vartheta(\tau+\tau_0)$	$u(\tau) > \vartheta(\tau+\tau_0)$
$\psi_1 < -1$	–	–	$u_{\max}$
$\psi_1 = -1$	–	$u(\tau) = \vartheta(\tau+\tau_0)$	$u(\tau) > \vartheta(\tau+\tau_0)$
$-1 < \psi_1 < 0$	–	$u(\tau) = \vartheta(\tau+\tau_0)$	–
$\psi_1 = 0$	–	$u(\tau) = \vartheta(\tau+\tau_0)$	–
$0 < \psi_1 < 1$	–	$u(\tau) = \vartheta(\tau+\tau_0)$	–
$\grave{}\psi_1 = 1$	$u(\tau) < \vartheta(\tau+\tau_0)$	$u(\tau) = \vartheta(\tau+\tau_0)$	–
$\psi_1 > 1$	$u_{\min}$	–	–

(58)

Функция Понтрягина (48) будет иметь вид

$$H = -u + \vartheta(\tau+\tau_0) + \psi_1(1-u) = -u(1+\psi_1) + \vartheta(\tau+\tau_0) + \psi_1 \to \max, \qquad u(\tau) \ge \vartheta(\tau+\tau_0);$$

$$H = \psi_1(1-u) = \psi_1 - \vartheta(\tau+\tau_0) \to \max, \qquad - \qquad u(\tau) = \vartheta(\tau+\tau_0);$$

$$H = u - \vartheta(\tau+\tau_0) + \psi_1(1-u) = u(1-\psi_1) + \vartheta(\tau+\tau_0) + \psi_1 \to \max,\ u(\tau) < \vartheta(\tau+\tau_0). \qquad (59)$$

Последовательно рассмотрим возможные варианты с уравнениями для связей и сопряженными с ними.

а) $\psi_1 < -1 \quad \to u_{\max}$. Движение начинается при величине управления $u(0) = u_{\max}$ и параметрах $\psi_1(0) = \psi_{10}$, $n_0(0) = n_{0start}$

$$\frac{dn_0}{d\tau} = 1 - u_{\max}, \qquad \frac{d\psi_1}{d\tau} = -\mu_1 + \mu_2.$$

Решение системы уравнений

$$n_0(\tau) = n_{0start} = 0, \qquad \psi_1(\tau) = \psi_{10} - \mu_1\tau,$$

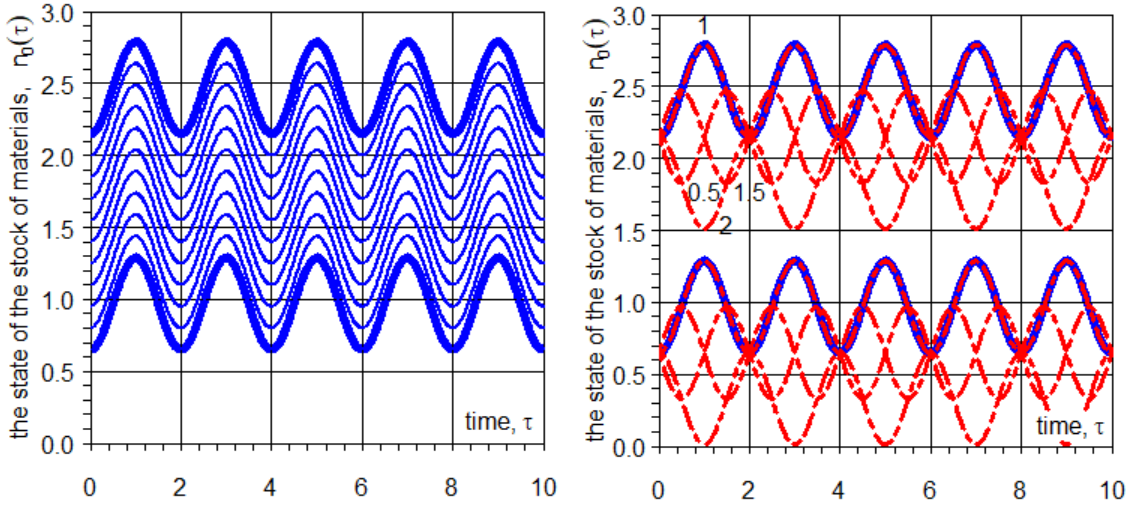
если величина запасов в бункере находилась нижнем ограничении, и

$$n_0(\tau) = n_{0start} + \tau - u_{\max}\tau, \qquad \psi_1(\tau) = \psi_{10}, \qquad 0 \le \tau \le \tau_1 = \frac{n_{0start}}{u_{\max} - 1},$$

в противном случае. При $\tau_1 = \frac{n_{0start}}{u_{\max} - 1}$ значение фазовой переменной $n_0(\tau)$ достигнет нижнего ограничения $n_0(\tau_1) = 0$ и останется на нем

$$n_0(\tau) = 0, \qquad \psi_1(\tau) = \psi_{10} - \mu_1(\tau - \tau_1),$$

и условие $\psi_1(\tau_k - \tau_0) = 0$ не будет выполнено (рис.6). Это противоречит предположению о существовании решения и принципу максимума.



а) б)

Рис. 5. Динамика изменения количества материала в бункере (а – для начальных состояний $n_{0start} = 0.65 + 0.15 \cdot \mathrm{i}, \mathrm{i} = 0..10$; б – для $\tau_0 = \{0.5,1.0,1.5,2.0\}$, $\tau_0 = 1/g_0$)

Fig. 5. Dynamics changes in the amount of material in the hopper (a – for initial conditions $n_{0start} = 0.65 + 0.15 \cdot \mathrm{i}, \mathrm{i} = 0..10$; b – for $\tau_0 = \{0.5,1.0,1.5,2.0\}, \tau_0 = 1/g_0$)

б) $\psi_1 > 1 \rightarrow u_{\min}$. Аналогично предыдущему случаю, условие $\psi_1(\tau_k - \tau_0) = 0$ не будет выполнено (рис.6).

в) $-1 < \psi_1 < 0$, $0 < \psi_1 < 1$ содержит допустимое решение для $u(\tau) = \vartheta(\tau + \tau_0)$. Действительно, например, для $u(\tau) > \vartheta(\tau + \tau_0)$ из (59) следует $u = u_{\min}$. Но это противоречит исходному условию $u(\tau) = u_{\min} \geq \vartheta(\tau + \tau_0)$ в силу (46), где $\vartheta(\tau + \tau_0) \geq u_{\min}$. Вариант $\psi_1 = 0$ также приводит к оптимальному управлению $\vartheta(\tau + \tau_0) u_{\min}$.

г) $\psi_1 = -1$. Начальное управление должно быть выбрано таким образом, чтобы нижнее ограничение не было достигнуто первым. В противном случае, достигнув нижнего ограничения первым, фазовая координата n_0 останется на нижнем ограничении. Это накладывает условие на управление $1 > u$.

д) $\psi_1 = 1$. Для данного случая в силу аналогичных рассуждений, начальное управление должно быть выбрано таким образом, чтобы верхнее ограничение не было достигнуто первым. В противном случае, достигнув верхнее ограничение первым, фазовая координата n_0 останется на верхнем ограничении. Это накладывает условие на управление $1 < u$.

Семейство фазовых траекторий $n_0(\tau)$ представлено на рис. 7–9. Семейство фазовых траекторий отвечает критерию качества управления (34). Рис. 7 демонстрирует алгоритм управления: при старте конвейерной линии используется управление $u(\tau) = \vartheta(\tau + \tau_0)$. Достигнув верхнего ограничения, происходит переключение управления $u(\tau) = 1$. Это дает возможность обеспечить постоянную величину материалов в бункере $n_0(\tau) = n_b$. Бункер

полностью заполнен. Излишнее количество материалов подается на вход конвейерной линии. Подача сырья превышает потребности $u(\tau) > \vartheta(\tau + \tau_0)$. Дальнейшее увеличение потребности во входном потоке приводит к тому, что фазовая переменная $n_0(\tau)$ сходит с фазового ограничения $n_0(\tau) = n_b$. Количество материала в бункере уменьшается. Выдерживается управление $u(\tau) = \vartheta(\tau + \tau_0)$ до того момента, пока не достигнуто нижнее ограничение $n_0(\tau) = 0$. Достигнув нижнего ограничения используется управление $u(\tau) = 1$. Весь материал, поступающий в бункер, подается на вход конвейерной линии, $u(\tau) < \vartheta(\tau + \tau_0)$. Такое управление выдерживается до тех пор, пока потребность в материале не достигнет точки выхода с фазового ограничения. Рассмотренный цикл повторяется. Окончательно алгоритм управления можно сформулировать следующим образом: $u(\tau) = 1$ для фазовых ограничений и $u(\tau) = \vartheta(\tau + \tau_0)$ за пределами фазовых ограничений. Следует заметить, что на фазовых ограничениях происходит изменение сопряженной переменной $\psi_1(\tau)$, $\frac{d\psi_1}{d\tau} \neq 0$. На рис. 8 демонстрируется алгоритм управления, когда точки переключения управления выбраны таким образом, чтобы избежать достижения верхнего и нижнего ограничения для фазовой переменной $n_0(\tau)$. Начальное движение осуществляется с точек $n_0(0) = \{0.3;\ 0.2; 0.1\}$ с постоянной начальной интенсивностью $u(0) = 1.5$ поступления материалов на вход конвейерной линии. Это обеспечивает выход для $n_0(\tau)$ на фазовую траекторию, которая касается ограничения в своей верхней точке. Выдерживается управление $u(\tau) = \vartheta(\tau + \tau_0)$ до того момента, пока не окажется целесообразным осуществить переход на фазовую траекторию, которая касается ограничения в своей нижней точке. Переход на фазовую траекторию выполняется с управлением $u(\tau) = 0$. Оказавшись на новой фазовой траектории, выдерживается управление $u(\tau) = \vartheta(\tau + \tau_0)$ до следующей точки переключения.

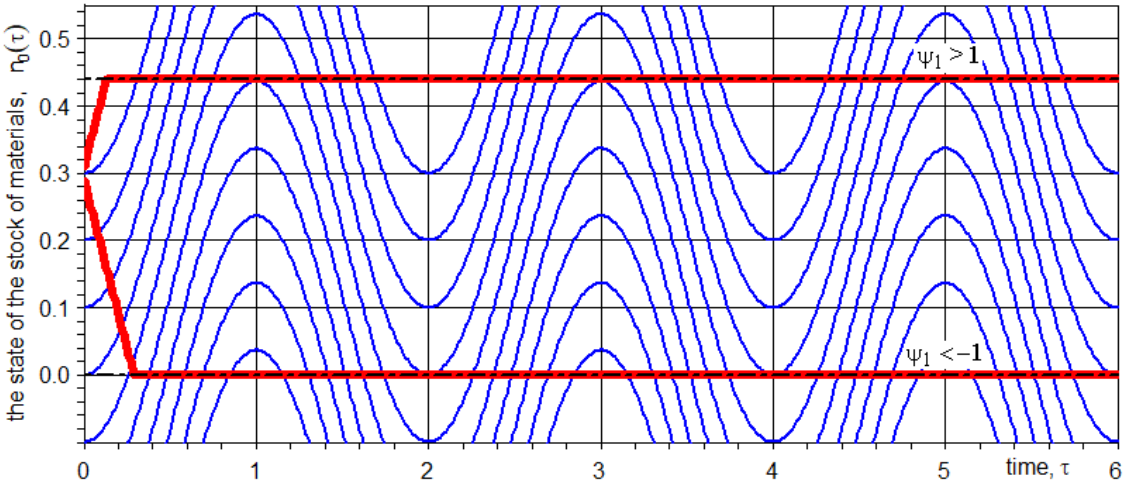


Рис. 6. Количество материала в бункере для $\psi_1 < -1$ и $\psi_1 > 1$

Fig. 6. The amount of material in the bunker for and $\psi_1 < -1$ и $\psi_1 > 1$

Алгоритм управления можно сформулировать следующим образом: используем $u(\tau) = 1.5$ для перехода на фазовую траекторию, которая касается верхнего ограничения и $u(\tau) = 0.0$ для перехода на фазовую траекторию, которая касается нижнего ограничения. Управление между переходами выдерживается $u(\tau) = \vartheta(\tau + \tau_0)$. Обратим внимание на то, что при $\psi_1(0) = 0$ на фазовых траекториях также будет выдержано $\psi_1(\tau) = 0$. Алгоритм

управления, определяющий поведение фазовой переменной $n_0(\tau)$ на рис. 9, аналогичен алгоритму, определяющему поведение фазовой переменной $n_0(\tau)$ на рис. 8. Отличие состоит в том, что все переходы выполнены при оптимальном управлении $u(\tau)=1.0$. Алгоритм управления $\{u=\vartheta(\tau+\tau_0);\ u=1.0\}$ сходен с алгоритмом рис. 7. При одинаковых выборах управления для фазовых траекторий $u=\vartheta(\tau+\tau_0)$ и переходов $u(\tau)=1.0$ точки переключения управления расставлены таким образом, что удалось избежать выход на верхнее и нижнее ограничения.

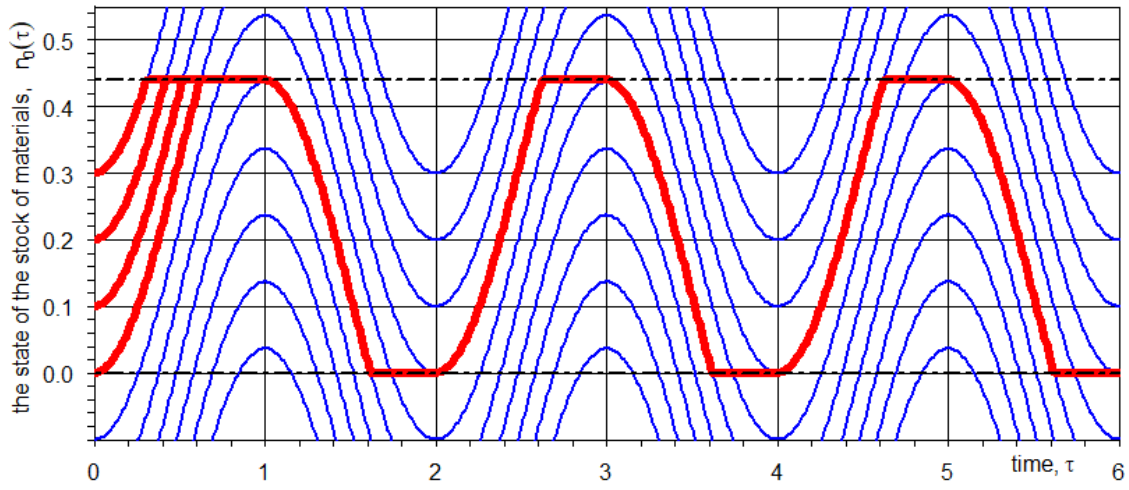


Рис. 7. Количество материала в бункере при переключении управления на фазовых ограничениях
Fig. 7. Amount of material in the bunker when switching control at phase restrictions

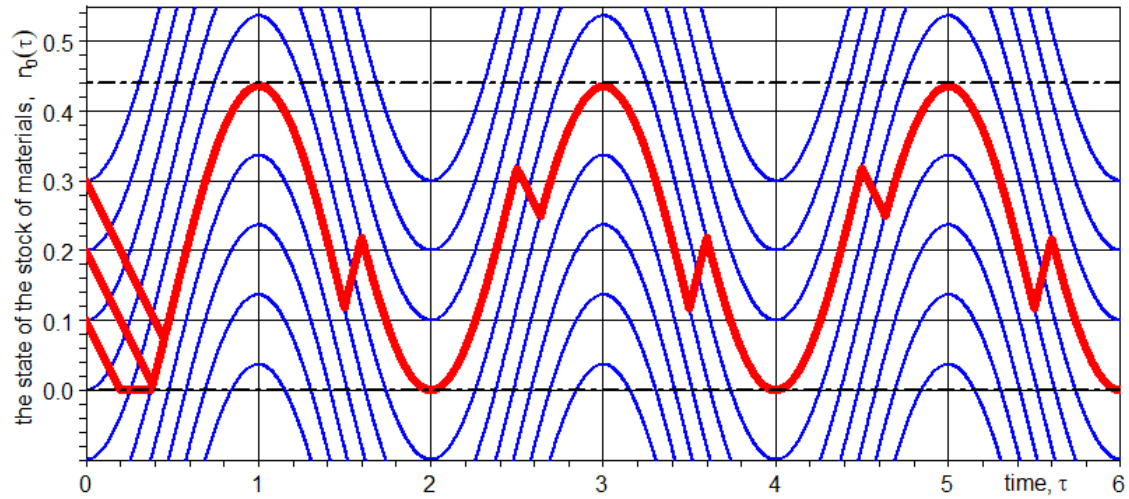


Рис. 8. Количество материала в бункере при переключении управления за пределами фазовых ограничений
Fig. 8. Amount of material in the hopper when switching control outside phase limits

Определим затраты, которые характеризуют переход с фазовой траектории, которая касается верхнего ограничения, на фазовую траекторию, которая касается нижнего ограничения. Уравнение траектории, на которую требуется перейти

$$n_{01}(\tau)=n_{01}(\tau_1)+\int_{\tau_1}^{\tau}\left(\gamma_b(\xi)-\nu(\xi+\tau_0)\right)d\xi\,.$$

Переход осуществляется по траектории

$$n_{02}(\tau) = n_{02}(\tau_1) + \int_{\tau_1}^{\tau} \left(\gamma_b(\xi) - u(\xi)\right) d\xi ,$$

которая определяется управлением $u(\tau)$. В любой момент времени τ_1 для этих траекторий справедливо $n_{02}(\tau_1) - n_{02}(\tau_1) = \Delta n_0(\tau_1) = const$. В момент окончания перехода $n_{02}(\tau) = n_{01}(\tau)$. Это позволяет записать

$$n_{02}(\tau) - n_{01}(\tau) = n_{02}(\tau_1) + \int_{\tau_1}^{\tau} \left(\gamma_b(\xi) - u(\xi)\right) d\xi - n_{01}(\tau_1) - \int_{\tau_1}^{\tau} \left(\gamma_b(\xi) - \nu(\xi + \tau_0)\right) d\xi = 0,$$

откуда

$$n_{02}(\tau_1) - n_{02}(\tau_1) = \Delta n_0(\tau_1) = \int_{\tau_1}^{\tau} \left(u(\xi) - \nu(\xi - \tau_0)\right) d\xi .$$

Так как переход осуществляется как в прямом, так и в обратном направлении, то разница по модулю $\Delta n_0(\tau_1)$ постоянна

$$\left|\Delta n_0(\tau_1)\right| = \int_{\tau_1}^{\tau} \left|\left(u(\xi) - \nu(\xi + \tau_0)\right)\right| d\xi = const .$$

Последнее выражение является следствием, вытекающим из заданного критерия качества (34). Произвольность выбора момента времени τ_1 определяет произвольность выбора точек переключения управлений, что определяет множество решений задачи.

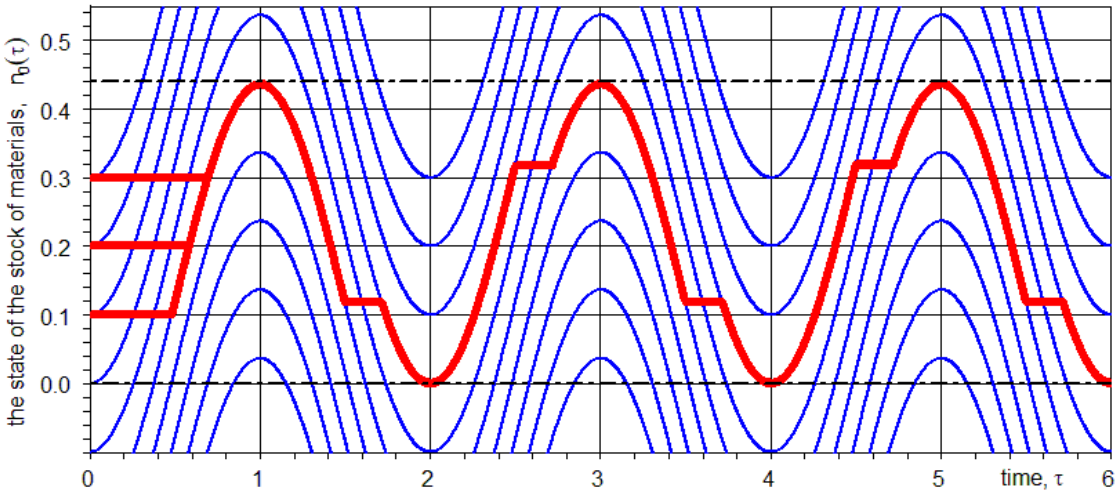


Рис. 9. Количество материала в бункере при управлениях

Fig. 9. The amount of material in the hopper for controls $\{u = \vartheta(\tau + \tau_0);\ u = 1.0\}$

Выводы

В работе проведен анализ PDE-модели конвейерной транспортной системы и синтезировано семейство оптимальных управлений потоком материалов, поступающего с аккулулирующего бункера на вход конвейерной транспортной системы.

Определен критерий качества управления выходным потоком с конвейерной линии и выполнена постановка задачи оптимального управления транспортной системой. Проведен анализ допустимых решений задачи управления.

Представленные в работе результаты позволяют сделать следующие выводы:

– системы управления выходным потоком конвейерной линии с аккулулирующего бункера на входе может иметь большое количество алгоритмов;

– точки переключения оптимального управления определяются из большого множества допустимых решений из практических соображений;

– множество допустимых оптимальных управлений определяется размером аккумулирующего бункера.

Перспективами дальнейших исследований является:

– синтезировать оптимальные управления для конвейерной системы с входным и выходным аккулулирующим бункером.

Список литературы

1. Араманович И.Г., Лунц Г.Л., Эльсгольц Л.Э., 1968. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости. М., Изд-во «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 416.

2. Пигнастый О.М., 2007. Статистическая теория производственных систем. Х., Изд. ХНУ им. Каразина, 388.

3. Пигнастый О.М., Ходусов В.Д., 2016. Модель одноузловой конвейерной линии с постоянной скоростью перемещения предметов труда. Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління. Харків, ХНУ. 32: 60–74.

4. Пигнастый О.М., Ходусов В.Д., 2017. Диффузионное описание производственного процесса Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління. Харків: ХНУ. 35(1): 61–73. https://periodicals.karazin.ua/mia/article/view/9842

5. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., 1983. Математическая теория оптимальных процессов. М., Наука, 392.

6. Прокуда В.Н., Мишанский Ю.А., Проценко С.Н., 2012. Исследование и оценка грузопотоков на магистральном конвейерном транспорте ПСП «Шахта «Павлоградская» ПАО ДТЭК «Павлоградуголь». Горная электромеханика. 88: 107–111.

7. Проценко С.Н., 2008. Снижение энергопотребления на конвейерном транспорте угольных шахт. Горная электромеханика и автоматика, Науч.-техн. сб. 81: 31–40. http://vde.nmu.org.ua/ua/science/ntz/archive/81/5.pdf.

8. Разумный Ю.Т., Рухлов А.В., Козарь А.В., 2006. Повышение энергоэффективности конвейерного транспорта угольных шахт. Горная электромеханика и автоматика, Науч.-техн. сб. 76: 24-28. http://masters.donntu.org/2011/fkita/makarov/library/5.pdf.

9. Старков В.Н., 2000. Операционное исчисление и его применения. СПб., Санкт-Петербургский государственный университет, 65.

10. Шахмейстер Л.Г., 1983. Вероятностные методы расчета транспортирующих машин. М., Машиностроение, 312.

11. Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г., 1978. Теория и расчет ленточных конвейеров. М.: Машиностроение, 392.

12. Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г., Лобачёва А.К., 1972. Динамика грузопотоков и регулирование скорости ленточных конвейеров. М., Недра, 173.

13. BARTEC GmbH (Germany). https://www.bartec.de (2020) – Available at http://www.bartec.kz/files/mining/for-conveyance.pdf (accessed 10 January 2020).

14. DIN 22101:2002-08., 2002. Continous conveyors. Belt conveyors for loose bulk materials. Basics for calculation and dimensioning. Normenausschuss Bergbau (FABERG) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN51.

15. Halepoto I.A., Shaikh M.Z., Chowdhry B.S., 2016. Design and Implementation of Intelligent Energy Efficient Conveyor System Based on Variable Speed Drive Model. Control and Physical Modeling International Journal of Control and Automation. 9(6): 379-388. DOI10.14257/ijca.2016.9.6.36

16. Hiltermann J., Lodewijks G., Schott D.L., Rijsenbrij J.C., Dekkers J., Pang Y., 2011. A methodology to predict power savings of troughed belt conveyors by speed control. Particulate science and technology. 29(1): 14–27. DOI: 10.1080/02726351.2010.491105

17. http://conveyorbeltguide.com (2020) Available at http://conveyorbeltguide.com/first-aid.html. (accessed 10 January 2020).

18. Lauhoff H., 2005. Speed Control on Belt Conveyors – Does it Really Save Energy? Bulk Solids Handling Publ. 25(6): 368–377.

19. Pihnastyi O.M., Khodusov V.D., 2017. Model of conveyer with the regulable speed. Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software (Bulletin SUSUMMCS), 10(4): 64-77. DOI: 10.14529/mmp170407

20. Pihnastyi O.M., 2018. Statistical theory of control systems of the flow production. LAP LAMBERT Academic Publishing, 436. ISBN: 978-613-9-95512-1.

21. Semenchenko A., Stadnik M., Belitsky P., Semenchenko D., Stepanenko O., 2016. The impact of an uneven loading of a belt conveyor on the loading of drive motors and energy consumption in transportation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 4/1(82): 42–51.

22. Shanghai Keda Heavy Industry Group Co., Ltd. http://en.kdhi.net (2020). (accessed 10 January 2020).

References

1. Aramanovich I.G., Lunc G.L., Jel'sgol'c L.Je., 1968. Funkcii kompleksnogo peremennogo. Operacionnoe ischislenie. Teorija ustojchivosti. [The functions of a complex variable. Operational calculus. Sustainability theory] M., Izd-vo «Nauka», Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoj literatury [Publishing House «Nauka», The main editorial board of physico-mathematical literature], 416.

2. Pihnastyi O.M., 2007. Statistical theory of production systems. Kharkiv, KhNU, 388. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18903.78244

3. Pihnastyi O.M., Khodusov V.D., 2016. The model of the production line of the conveyor type at a constant speed moving subjects of labor Bulletin of V. Karazin Kharkiv National University. 32: 60–74.

4. Pihnastyi O.M., Khodusov V.D., 2017. Diffusion description of the production process. Mathematical modeling. Information Technology. Automated control systems. Kharkov, KhNU. 35(1): 61–73. https://periodicals.karazin.ua/mia/article/view/9842

5. Pontrjagin L.S. Boltjanskij V.G., Gamkrelidze R.V., 1983. Matematicheskaja teorija optimal'nyh processov [The mathematical theory of optimal processes]. M., Nauka, 392.

6. Prokuda V.N., Mishanskij Ju.A., Procenko S.N., 2012. Issledovanie i ocenka gruzopotokov na magistral'nom konvejernom transporte PSP «Shahta «Pavlogradskaja» PAO DTJeK «Pavlogradugol'» [Research and evaluation of freight traffic on the main conveyor transport the CAP "Mine Pavlogradskaya" PJSC DTEK "Pavlogradugol"]. Gornaja jelektromehanika [Mining Electromechanics]. 88: 107–111.

7. Procenko S.N., 2008. Snizhenie jenergopotreblenija na konvejernom transporte ugol'nyh shaht [Reduced energy consumption in the conveyor transport of coal mines]. Gornaja jelektromehanika i avtomatika: Nauch.-tehn. sb. [Mining Electromechanics and Automatics: Nauch. compilation] 81: 31–40. http://vde.nmu.org.ua/ua/science/ntz/archive/81/5.pdf.

8. Razumnyj Ju.T., Ruhlov A.V., Kozar' A.V., 2006. Povyshenie jenergojeffektivnosti konvejernogo transporta ugol'nyh shaht [Improving the energy efficiency of conveyor transport of coal mines]. Gornaja jelektromehanika i avtomatika: Nauch.-tehn. sb. [Mining Electromechanics and Automatics: Nauch. compilation] 76: 24-28. http://masters.donntu.org/2011/fkita/makarov/library/5.pdf.

9. Starkov V.N., 2000. Operacionnoe ischislenie i ego primenenija [Operational calculus and its applications]. SPb: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet, 65.

10. Shahmejster L.G., 1983. Verojatnostnye metody rascheta transportirujushhih mashin [Probabilistic methods for calculating transporting machines]. M., Mashinostroenie, 312.

11. Shahmejster L.G., Dmitriev V.G.Э, 1978. Teorija i raschet lentochnyh konvejerov [Theory and calculation of belt conveyors]. M., Mashinostroenie, 392.

12. Shahmejster L.G., Dmitriev V.G., Lobachjova A.K., 1972. Dinamika gruzopotokov i regulirovanie skorosti lentochnyh konvejerov [Dynamics of cargo flows and speed control of conveyor belts]. M., Nedra, 173.

13. BARTEC GmbH (Germany). https://www.bartec.de (2020) – Available at http://www.bartec.kz/files/mining/for-conveyance.pdf (accessed 10 January 2020).

14. DIN 22101:2002-08., 2002. Continous conveyors. Belt conveyors for loose bulk materials. Basics for calculation and dimensioning. Normenausschuss Bergbau (FABERG) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN51.

15. Halepoto I.A., Shaikh M.Z., Chowdhry B.S., 2016. Design and Implementation of Intelligent Energy Efficient Conveyor System Based on Variable Speed Drive Model. Control and Physical Modeling International Journal of Control and Automation. 9(6): 379-388. DOI10.14257/ijca.2016.9.6.36

16.Hiltermann J., Lodewijks G., Schott D.L., Rijsenbrij J.C., Dekkers J., Pang Y., 2011. A methodology to predict power savings of troughed belt conveyors by speed control. Particulate science and technology. 29(1): 14-27. DOI: 10.1080/02726351.2010.491105

17.http://conveyorbeltguide.com (2020) Available at http://conveyorbeltguide.com/first-aid.html. (accessed 10 January 2020).

18.Lauhoff H., 2005. Speed Control on Belt Conveyors – Does it Really Save Energy? Bulk Solids Handling Publ. 25(6): 368–377.

19.Pihnastyi O.M., Khodusov V.D., 2017. Model of conveyer with the regulable speed. Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software (Bulletin SUSUMMCS), 10(4): 64–77. DOI: 10.14529/mmp170407

20.Pihnastyi O.M., 2018. Statistical theory of control systems of the flow production. LAP LAMBERT Academic Publishing, 436. ISBN: 978-613-9-95512-1.

21.Semenchenko A., Stadnik M., Belitsky P., Semenchenko D., Stepanenko O., 2016. The impact of an uneven loading of a belt conveyor on the loading of drive motors and energy consumption in transportation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 4/1(82): 42–51.

22.Shanghai Keda Heavy Industry Group Co., Ltd. http://en.kdhi.net (2020). (accessed 10 January 2020).

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Пигнастый О.М., Ходусов В.Д. 2020. Оптимальное управление потоком материала на входе магистрального конвейера. Экономика. Информатика. 47 (1): 135–153. DOI:

Pihnastyi O.M., Khodusov V.D. 2020. Optimal material flow control at the input of the main conveyor. Economics. Information technologies. 47 (1): 135–153 (in Russian). DOI:

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ
SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

УДК 006.88, 007.51
DOI

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

CONCEPTUAL BASES OF MAINTENANCE OF COMPLEX SAFETY ON CRITICAL OBJECTS

А.И. Офицеров[1], О.О. Басов[2], С.С. Бачурин[1]
A.I. Ofitserov[1], O.O. Basov[2], S.S. Batchurin[1]

[1)] Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», Россия, 302015, Орел, ул. Приборостроительная, д. 35
[2)] Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Россия, 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49

[1)] The Federal state government military educational institution of higher education «The Academy of the Federal Guard Service of the Russian Federation», 35 Priborostroitelnaya St, Orel, 302015, Russia
[2)] Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49 Kronverkskiy Ave, Petersburg, 197101, Russia

E-mail: oficerow@mail.ru, oobasov@mail.ru

Аннотация
Данная статья посвящена рассмотрению проблемы обеспечения комплексной безопасности критически важных объектов, обуславливающей объективную актуальность создания концептуальной платформы, на основе которой возможна реализация многоуровневых автоматизированных систем обеспечения комплексной безопасности критически важных объектов. В работе проведен проблемно-классификационный анализ существующих методов и способов обеспечения безопасности критически важных объектов и построения систем обеспечения комплексной безопасности. Установлено, что наиболее эффективным решением обозначенной проблемы является реализация метода синтеза структуры системы при заданных алгоритмах и принципах функционирования отдельных ее подсистем. Представленный в работе агрегативно-декомпозиционный подход к построению систем обеспечения комплексной безопасности критически важных объектов позволяет, в зависимости от уровня детализации реализуемых системой целей, выполняемых функций и задач, поставить и решить ряд типовых задач синтеза ее структуры.

Abstract
The given article is devoted to the consideration of a problem of maintenance of complex safety of critical objects causing an objective urgency of creation of a conceptual platform on which basis realization of the multilevel automated systems of maintenance of complex safety on critical objects is possible. In work the problem-classification analysis of existing methods and ways of safety of crucial objects and construction of systems of maintenance of complex safety is carried out. It is established that the most effective decision of the designated problem is the realization of a method of synthesis of the structure of the system at the set algorithms and principles of functioning of its separate subsystems. Presented in the work the aggregative-decomposition approach to construction of the systems of maintenance of complex safety of critical objects allows, depending

on the level of detailed elaboration of the purposes realized by the system, carried out functions and problems, to put and solve a number of typical problems of its structure's synthesis.

Ключевые слова: критически важный объект, комплексная безопасность, агрегативно-декомпозиционный подход, синтез системы, альтернативно-графовая формализация.
Keywords: critical objects, complex safety, aggregative-decomposition approach, system synthesis, alternatively-graph formalization.

Введение

В настоящее время безопасность критически важных объектов (КВО) от реальных и потенциальных угроз различного характера обеспечивается применением совокупности правовых, охранных, режимных, оперативно-розыскных, материально-технических, информационных и иных мер с использованием технических комплексов и технологических процессов, основа которых была заложена в 60-е – 80-е годы прошлого столетия. Реализация таких процессов связана с широким применением ручного труда, а приход новых образцов технических средств не внес в них существенных изменений, не позволил освободиться от монотонных и трудоемких критически важных технологических процедур, в то же время значительно усложнил их, не дав ожидаемого положительного эффекта.

Кроме того, совокупность принимаемых мер по обеспечению безопасности КВО в значительной степени обусловлена разрозненностью структуры сил, разнонаправленностью решаемых ими задач, отсутствием единого замысла и центра управления. Как следствие, при взаимодействии отмечаются конфликты интересов, дублирование или отсутствие части необходимых мер при решении конкретных задач обеспечения безопасности критически важных объектов, что в свою очередь повышает финансовые затраты для их решения, снижает производительность труда и эффективность финансирования, что особенно важно в условиях дефицита бюджетных средств.

Участившиеся в последнее время акты международных террористических организаций и активизация деятельности иностранных спецслужб по реализации гибридных угроз на территории Российской Федерации и в сопредельных государствах значительно актуализируют проблему защиты КВО на всех уровнях их иерархической структуры в связи с критическими и зачастую глобальными последствиями нарушения безопасности функционирования данных объектов. Существенно изменившиеся за последнее время источники потенциальных угроз безопасности КВО, методики их осуществления обуславливают актуальность разработки новых эффективных способов оценки рисков, а также комплекса мер по обнаружению и нейтрализации угроз безопасности.

Таким образом, на данный момент возникла объективная необходимость создания концептуальной платформы, на основе которой возможна реализация многоуровневых автоматизированных систем обеспечения комплексной безопасности (СОКБ) КВО. Данная платформа позволит повысить уровень защищенности КВО, создать эффективную структуру его безопасности, основанную на системности, актуальности существующим и перспективным угрозам, снизить трудозатраты и повысить экономическую эффективность. Все это требует разработки новых элементов теории построения СОКБ КВО.

1. Проблемно-классификационный анализ существующих методов и способов обеспечения комплексной безопасности критически важных объектов

Совершенствование принципов построения современных систем безопасности КВО неразрывно связано со сложными процессами их автоматизации и интеграции, которые также касаются и всех остальных систем, например, жизнеобеспечения и управления функционированием данных объектов. Обоснованным результатом такой интеграции является создание СОКБ, позволяющих автоматизировать управление всеми системами

КВО, а также реализовать комплекс мер, направленных на выявление наиболее опасных угроз и критических ситуаций, оценку вероятного ущерба от этих угроз и ситуаций, и обеспечивающих таким образом непрерывное и стабильное функционирование объекта. Обеспечение комплексной безопасности КВО представляет собой сложный и многогранный процесс реализации совокупности правовых, режимных, охранных, оперативно-розыскных, материально-технических, информационных и иных мероприятий, осуществляемый для достижения максимальной защищенности объектов от реальных и потенциальных угроз социального, техногенного и природного характера (рис. 1).

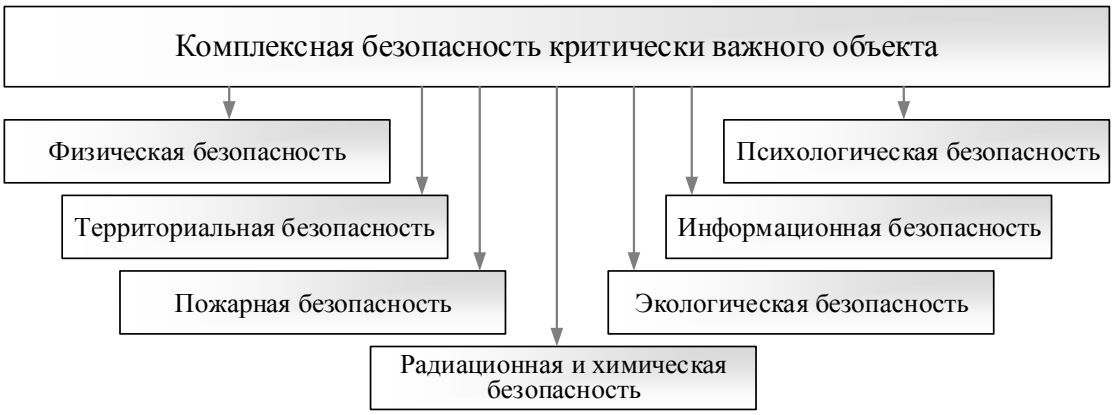


Рис. 1. Составляющие комплексной безопасности критически важного объекта
Fig. 1. Components of complex safety of a critical object

Современные исследования в области построения оптимальных сложных технических систем (в том числе СОКБ) многих зарубежных и отечественных ученых крайне многогранны, но все же еще далеки от совершенства. Основные результаты данных исследований, изложенные в различных научных трудах, посвящены в основном либо проблемам разработки и оценки систем физической защиты (СФЗ) и отдельных ее подсистем, либо вопросам обеспечения информационной безопасности без учета их взаимодействия с другими системами безопасности, в совокупности образующими СОКБ. Так, теоретические подходы к вопросам разработки, анализа и оценки СФЗ нашли отражение в работе [Гарсия, 2002], в которой подробно описана методика оценки уязвимости объектов, рассмотрены вопросы оценки эффективности СФЗ, разработки моделей нарушителя и угроз.

Из отечественных работ, посвященных вопросам анализа и синтеза СФЗ, наиболее фундаментальной является диссертация [Боровский, 2015], в которой исследован комплексный подход к интеграции процессов интеллектуальной поддержки принятия проектных решений в задачах разработки и оценки СФЗ КВО на основе системного анализа и экспертных знаний, а также разработаны оптимизационные модели, алгоритмы и методы оценки защищенности КВО в условиях неопределенности.

В монографии [Бояринцев, 2006] большое внимание уделено изучению опыта системного подхода к проектированию комплексов СФЗ, с единых системных позиций рассмотрены требования к СФЗ на основе анализа уязвимости, пути повышения эффективности управления СФЗ КВО. В работе достаточно подробно изложены методические подходы к категорированию объектов, определению количественных и качественных требований к СФЗ и оценке их эффективности.

Проблемам создания высокоэффективных систем охранно-пожарной сигнализации для нережимных объектов, а также интегрированных комплексов управления в системах безопасности объектов уделено внимание в работах [Магауенов, 2007; Синилов, 2010], систематизировавших наиболее сложные вопросы защиты объектов с помощью средств инженерно-технической укрепленности и технических средств охраны, а также типовые варианты их применения. В научных трудах [Измайлов, 2009; Боровский, Тарасов, 2011]

для различных категорий объектов описаны передовые подходы к построению их СФЗ, рассмотрены теоретические и практические вопросы интегральной оценки СФЗ, предложены методы их оптимизации.

Современные тенденции развития СОКБ КВО показывают, что фундаментальной основой таких систем служит единая аппаратно-программная платформа [Platzer, 2018], представляющая собой автоматизированную систему управления с многоуровневой сетевой структурой, имеющую общий центр управления на базе локальной компьютерной сети и содержащую линии коммуникаций, контроллеры доступа и другие устройства, предназначенные для сбора и обработки информации от различных периферийных средств обнаружения угроз (датчиков, сенсоров), а также для управления комплексами безопасности, автоматизации и жизнеобеспечения объекта [Garcia-Valls, 2017].

Таким образом, на современном этапе развития систем обеспечения безопасности критически важных объектов во все возрастающем темпе усложняются как структуры отдельных ее подсистем, так и системы в целом [Смирнов, Безручко, Басов, 2019]. Это относится как к функциональным подсистемам, обеспечивающим основные составляющие комплексной безопасности (см. рис. 1), так и к системам передачи и обработки тревожной информации, а также системе управления. Основные задачи и проблемы синтеза сложных систем, к коим в полной мере можно отнести и СОКБ, тесно взаимосвязаны и в своей совокупности образуют не решенную в полном объеме сложную проблему, интенсивно разрабатываемую в настоящее время многими исследователями: декомпозиции, агрегации и координации [Месарович, Такахара, 1973]; формализованного описания элементов сложной системы и их структурных взаимосвязей [Цвиркун, 1982]; управления структурной динамикой сложных технических систем [Охтилев, Соколов, Юсупов, 2005].

Исследование данных подходов показывает наличие достаточно тесной взаимосвязи между задачей синтеза СОКБ и задачами оптимизации функционирования системы в целом и отдельных ее подсистем [Офицеров, Еременко, Черепков, 2012]. При этом возможны два варианта решения: в первом случае для заданной совокупности функциональных подсистем СОКБ, а также элементов критически важного объекта и взаимосвязей между ними необходимо провести оптимизацию функционирования СОКБ для обеспечения максимальной безопасности объекта, во втором – для заданного уровня безопасности, определяемого категорией критически важного объекта, требуется произвести расчет и формирование оптимального состава подсистем СОКБ и входящих в них элементов, взаимосвязей между ними, а также рациональное распределение выполняемых задач и функций по элементам системы [Кащенко, Семенов, 2012].

Наименее исследованным на современном этапе подходом, но в то же время позволяющим наиболее точно определить набор конкретных элементов СОКБ, обеспечивающий требуемый уровень безопасности, является реализация метода синтеза структуры системы при заданных алгоритмах и принципах функционирования отдельных ее подсистем, в основу которого положен принцип последовательного синтеза моделей построения системы в целом (полимодельное представление), а также допустимых вариантов реализации функциональных подсистем и входящих в них элементов с последующим выбором на синтезируемых моделях наиболее эффективного варианта их реализации и развития. Данный подход позволит эффективно решить наиболее важные задачи синтеза структуры СОКБ, детализация которых обусловлена конкретными целями и этапом разработки системы [Офицеров, Еременко и др., 2011; Киселев, Мотиенко и др., 2018].

2. Применение агрегативно-декомпозиционного подхода для синтеза систем обеспечения комплексной безопасности критически важных объектов

Проведенные исследования в области проектирования СОКБ КВО показывают достаточно серьезную диспропорцию между интенсивным внедрением отдельных технических средств и комплексов охраны для объектов различных категорий и крайней разрозненностью их применения в совокупности с очень слабым привлечением для

разработки комплексных систем инновационных теоретических и практических наработок, что в итоге способно кардинально ослабить отдельные составляющие комплексной безопасности КВО: физической, территориальной, пожарной, психологической, информационной, экологической, радиационной и химической. Повышение знаний о СОКБ КВО в непрерывно изменяющихся условиях их функционирования, несмотря на некоторую неопределенность, определяет более высокую степень корректности решения задач по обеспечению комплексной безопасности данных объектов [Balaji, 2015].

Задачи синтеза структуры СОКБ могут быть поставлены для различных плоскостей (уровней) детализации построения системы на основе агрегативно-декомпозиционного подхода (рис. 2).

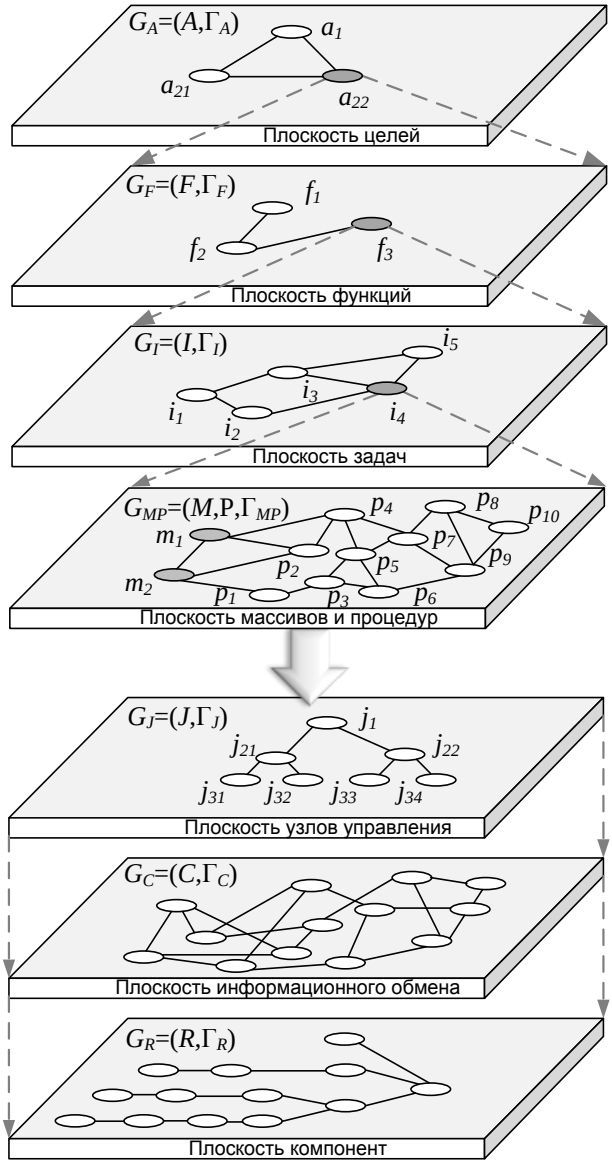


Рис. 2. Агрегативно-декомпозиционный подход к построению
систем обеспечения комплексной безопасности критически важных объектов
Fig. 2. The aggregative-decomposition approach to construction of complex safety maintenance systems on critical objects

Агрегативно-декомпозиционный подход включает два взаимосвязанных этапа: на первом этапе осуществляется последовательная декомпозиция реализуемых целей, функций, задач, массивов и процедур, в результате чего СОКБ представляется в виде упорядоченной совокупности взаимосвязанных функциональных подсистем и элементов

различной степени детализации; на втором – производится объединение (агрегирование) элементов с целью формирования возможных вариантов построения СОКБ КВО на соответствующем уровне (плоскости) детализации [Цвиркун, 1982]. При этом на верхнем уровне формализуются реализуемые системой цели, выполняемые функции и решаемые задачи, на более низких уровнях они детализируются до отдельных массивов и процедур. Возможные альтернативы агрегирования элементов в пределах функциональных подсистем, а также подсистем в СОКБ КВО в целом наиболее целесообразно представлять альтернативно-графовой формализацией с вершинами альтернативного графа в качестве вариантов построения функциональных подсистем (элементов) и дугами, обозначающими взаимосвязи между ними [Зыков, 2004].

Представленный на рисунке 2 граф $G_A = (A, \Gamma_A)$ задает взаимосвязи конечного множества вариантов реализуемых СОКБ КВО целей, где $A = \{a_1, a_{21}, a_{22}\}$ – множество вершин альтернативного графа, соответствующих уровням детализации выполняемых системой безопасности целей. Здесь в качестве метацели a_1 принята цель обеспечения комплексной безопасности критически важного объекта, в качестве целей второго уровня: a_{21} – безопасность материальных (информационных) ценностей на объекте, a_{22} – защита самого критически важного объекта. Множество дуг Γ_A на альтернативном графе отражает характер и специфику взаимосвязей между реализуемыми системой целями.

Представленный на рисунке 2 граф $G_F = (F, \Gamma_F)$ задает альтернативные варианты реализации СОКБ КВО функций, где $F = \{f_1, f_2, f_3\}$ – множество выполняемых системой функции (вершин альтернативного графа), Γ_F – множество логических взаимосвязей между функциями f_i (дуг графа), отражающих последовательность их реализации. Здесь в качестве функции f_1 примем анализ и прогнозирование угроз, f_2 – их обнаружение, f_3 – нейтрализацию. Элементы $G_F = (F, \Gamma_F)$ являются детализацией соответствующих вершин графа $G_A = (A, \Gamma_A)$.

Аналогично граф $G_I = (I, \Gamma_I)$ на рисунке 2 показывает альтернативные варианты решения задач, стоящих перед системой, при этом множество вершин графа $I = \{i_1, i_2, i_3, i_4, i_5\}$ отражает различные варианты реализации задач СОКБ, в той или иной мере обеспечивающих соответствующие составляющие комплексной безопасности (см. рис. 1). Здесь в качестве решаемых задач СОКБ предлагается обеспечение: i_1 – физической защиты, i_2 – психологической защиты, i_3 – экологической защиты, i_4 – техногенной защиты, i_5 – специальной защиты. Множество дуг графа Γ_I отражает характер взаимосвязей между решаемыми системой задачами. Здесь стоит отметить, что поскольку деление на задачи и функции во многом определяется особенностями конкретного объекта и спецификой применяемой на нем СОКБ, то оно является во многом относительным, в связи с чем принципы построения и структура графа $G_I = (I, \Gamma_I)$ аналогичны графу $G_F = (F, \Gamma_F)$.

Представленный на рисунке 2 граф $G_{MP} = (M, P, \Gamma_{MP})$ отражает альтернативные варианты реализации массивов $M = \{m_1, m_2\}$ и процедур

$$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9, p_{10}\}.$$

С точки зрения реализации задач и функций СОКБ массивы представляют собой типовые части системы и соответствуют: m_1 – сотрудники охраны, m_2 – технические средства усиления охраны. В качестве процедур, реализуемых СОКБ на охраняемом объекте, предлагается

использовать способы и средства обеспечения безопасности: p_1 – дежурная служба, p_2 – постовая служба, p_3 – обходно-дозорная служба, p_4 – личная охрана, p_5 – охранная и тревожная сигнализация, p_6 – контроль доступа, p_7 – пожарная сигнализация, p_8 – охранное телевидение, p_9 – защита информации, p_{10} – жизнеобеспечение критически важного объекта. Важно отметить, что предлагаемый перечень массивов и процедур не является неизменным, обусловлен конкретными условиями оперативной обстановки и особенностями функционирования критически важного объекта, при этом множество дуг альтернативного графа Γ_{MP} определяет характер и особенности взаимосвязей как внутри множеств массивов *M* и процедур *P*, так и взаимодействие между элементами различных множеств.

Граф $G_J = (J, \Gamma_J)$ на рисунке 2 определяет альтернативные варианты применения узлов управления СОКБ (*J*), представленных на различных уровнях детализации. Множество дуг графа Γ_J отражает характер взаимосвязей между узлами управления на соответствующих уровнях.

Расположенные на нижних плоскостях структуры графы $G_C = (J, \Gamma_C)$ и $G_R = (J, \Gamma_R)$ определяют соответственно альтернативные варианты объединения сетевых устройств Γ_C в неблокируемую сеть передачи данных, а также альтернативные варианты взаимосвязей периферийных компонентов (сенсоры, извещатели, видеокамеры и т. д.), и могут быть детализированы до отдельных этапов и объектов процесса информационного обмена на различных уровнях (рис. 3).

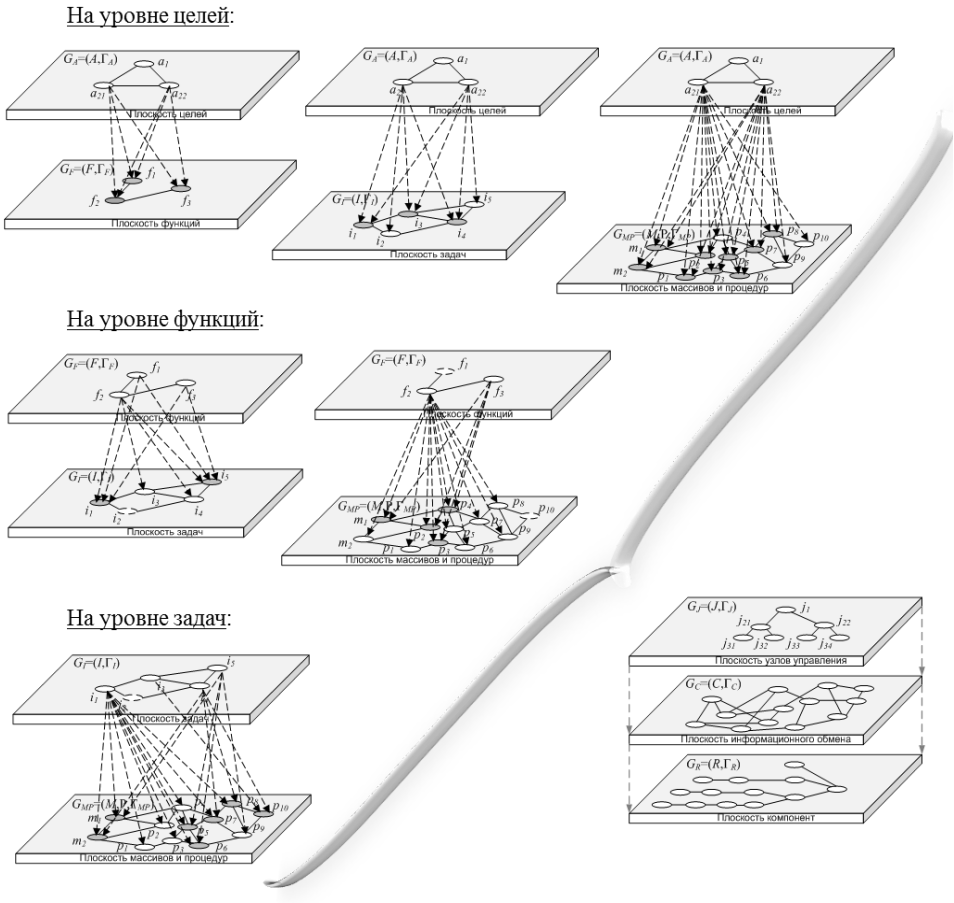


Рис. 3. Вариант агрегирования при построении систем обеспечения комплексной безопасности критически важных объектов

Fig. 3. Aggregation variant at construction of complex safety maintenance systems on critical objects

Агрегирование может осуществляться па различных уровнях (целей, функций, задач), а также различными способами, при этом характер агрегирования в большей степени определяется видом графов $G_J = (J, \Gamma_J)$ взаимосвязей между узлами управления, $G_C = (J, \Gamma_C)$ структуры сети передачи данных и $G_R = (J, \Gamma_R)$ взаимосвязей периферийных компонентов (рис. 3).

С учетом специфики построения СОКБ КВО соответствующие задачи агрегирования элементов системы могут быть сформулированы для любого из рассмотренных уровней (плоскостей) детализации описания СОКБ.

Таким образом, представленный в работе агрегативно-декомпозиционный подход к построению СОКБ КВО позволяет, в соответствии с требуемым уровнем детализации реализуемых системой целей, выполняемых функций и задач, решить ряд наиболее острых проблем синтеза структуры СОКБ КВО [Офицеров, Еременко и др., 2011; Цвиркун, 1982]:

1) оптимальное отображение множества выполняемых СОКБ КВО целей (граф $G_A = (A, \Gamma_A)$) на альтернативное множество узлов управления (граф $G_J = (J, \Gamma_J)$);

2) оптимальное отображение множества выполняемых СОКБ КВО функций, задач, массивов и процедур (графы G_F, G_I, G_{MP}) на плоскость информационного обмена (граф G_C);

3) оптимизация состава, вариантов реализации (функциональных подсистем) и размещения узлов системы (графы G_J, G_C, G_R).

Заключение

В связи с вышеизложенным, актуальность представленных исследований заключается в создавшихся предпосылках к изменению подходов в обеспечении безопасности критически важных объектов, отсутствии единых теоретических и методологических основ в данной предметной области и требует решения проблем, обусловленных двумя группами факторов [Басов, Ронжин, 2015].

Проблемы практики (первая группа факторов) – диспропорция между стремительно возрастающим и усложняющимся характером угроз критически важным объектам и ограниченными возможностями отдельных подсистем безопасности по противодействию этим угрозам, не обеспечивающими требуемого уровня защищенности объекта. Указанная диспропорция усугубляется еще и тем, что в ряде случаев при отдельном использовании подсистем безопасности, направленных на противодействие определенному направлению угроз и не учитывающих их комплексный характер, принятие мер по повышению эффективности одной подсистемы влечет снижение эффективности других подсистем, что в конечном счете приводит к снижению уровня защищенности объекта.

Проблемы теории (вторая группа факторов) – недостаточный теоретический и методологический уровень развития основ решения задач анализа, синтеза и оптимизации характеристик СОКБ КВО и их элементов. Указанная недостаточность проявляется прежде всего в несоответствии современным угрозам и узкой специализации инструментария анализа и синтеза отдельных подсистем безопасности, не учитывающего их взаимного влияния и комплексного характера использования в составе единой системы обеспечения комплексной безопасности.

Преодоление указанных противоречий требует разработки новых элементов теории построения систем обеспечения комплексной безопасности критически важных объектов.

Список литературы

1. Басов О.О., Ронжин А.Л. 2015. Методика поэтапного внедрения полимодальных инфокоммуникационных систем. Научные ведомости Белгородского государственного университета. 1 (198): 131–136.

2. Боровский А.С., Тарасов А.Д. 2011. Общая математическая модель системы физической защиты объектов. Вестник компьютерных и информационных технологий. 10 (88): 21–29.

3. Боровский А.С. 2013. Обоснование требований (показателей качества) к оценке защищенности потенциально-опасных объектов. Вестник компьютерных и информационных технологий. 7 (109): 52–56.

4. Боровский А.С. 2015. Модели, методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия решений в задачах разработки и оценки систем физической защиты объектов информатизации. Дисс. … докт. тех. наук. Оренбург. 344.

5. Бояринцев А.В., Бражник А.Н., Зуев А.Г. 2006. Проблемы антитерроризма: категорирование и анализ уязвимости объектов. СПб., Иста-Системс, 251.

6. Гарсиа М. 2002. Проектирование и оценка систем физической защиты: пер. с англ. М., Мир, АСТ, 386.

7. Зыков А. А. 2004. Основы теории графов. М., Вузовская книга, 664.

8. Кащенко А.Г., Семенов Р.В. 2012. Методика решения нечетких многокритериальных задач выбора вариантов информационно-телекоммуникационных систем. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 19 (138), Вып. 24/1: 161–164.

9. Киселев Ю.В., Мотиенко А.И., Басов О.О., Саитов И.А. 2018. Структурно-функциональная модель интеллектуальной инфокоммуникационной системы. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 18 (6): 1034–1046.

10. Магауенов Р.Г. 2007. Охранная сигнализация и другие элементы систем физической защиты: Краткий толковый словарь. М., Горячая линия – Телеком, 97.

11. Месарович М., Мако Д., Такахара Я. 1973. Теория иерархических многоуровневых систем. М., Мир, 344.

12. Офицеров А.И. Еременко В.Т., Черепков С.А. 2012. Метод проектирования сетей передачи данных, совместимых с неблокируемой маршрутизацией. Вестник компьютерных и информационных технологий. 4: 38–46.

13. Офицеров А.И., Еременко В.Т., Афонин С.И., Басов О.О. 2011. Синтез сетей передачи данных автоматизированных систем управления на основе критерия неблокируемой маршрутизации. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 7 (102). Вып. 18/1: 168–176.

14. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. 2005. Интеллектуальные технологии мониторинга состояния и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М., Наука, 291.

15. Саати Т. 1993. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Перевод с английского Р.Г. Вачнадзе. М., Радио и связь, 278.

16. Смирнов А.В., Безручко В.В., Басов О.О. 2019. Теоретические основы построения социокиберфизических систем. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 46 (3): 532–539.

17. Цвиркун А.Д. 1982. Основы синтеза структуры сложных систем. М., Наука, 200.

18. Balaji B. 2015. Models, abstractions, and architectures: The missing links in cyber-physical systems. Proceedings of the 52nd Annual Design Automation Conference, San Francisco, CA, USA. 8–12 June 2015; New York, NY, USA: 82–87.

19. Garcia-Valls M. 2017. Reliable software technologies and communication middleware: A perspective and evolution directions for cyber-physical systems, mobility, and cloud computing. Future Gener. Comput. Syst., 71:171–176.

20. Platzer A. 2018. Logical Foundations of Cyber-Physical Systems. Springer, 662.

References

1. Basov O.O., Ronzhin A.L. 2015. Technique of phased implementation of polymodal communication systems. Belgorod State University Scientific Bulletin. 1 (198): 131–136. (in Russian).

2. Borovskij A.S., Tarasov A.D. 2011. General mathematical model of the physical protection system of objects. Vestnik komp`yuternyh i informatsionnyh tekhnologiy. 2011. 10 (88): 21–29. (in Russian).

3. Borovskij A.S. 2013. Justification of requirements (quality indicators) for the assessment of the protection of potentially dangerous objects. Vestnik komp`yuternyh i informatsionnyh tekhnologiy. 7 (109): 52–56. (in Russian).

4. Borovskij A.S. 2015. Modeli, metody i algoritmy intelektual`noi` podderzhki prinyatiya reshenii` v zadachah razrabotki I ocenki system fizicheskoi` zashchity ob`ektov informatizacii [Models, methods and

algorithms of intellectual decision-making support in the tasks of developing and evaluating physical protection systems of informatization objects]. Diss. … dr. sci. tech. Orenburg. 344.

5. Boyarintsev A.V., Brazhnik A.N., Zuev A.G. 2006. The problems of anti-terrorism: categorization and analysis of the vulnerability of objects. SPb., Ista-Systems, 251. (in Russian).

6. Garcia M. 2002. Design and evaluation of physical protection systems: trans. from English M., World, AST, 386. (in Russian).

7. Zykov A. A. 2004. Fundamentals of graph theory. M., University Book, 664. (in Russian).

8. Kashchenko A.G., Semenov R.V. 2012. Methodology for solving fuzzy multi-criteria problems of choosing options for information and telecommunication systems. Scientific reports of Belgorod State University. Series: History. Political science. Economy. Computer science. 19 (138), no. 24/1: 161–164. (in Russian).

9. Kiselev Yu.V., Motienko A.I., Basov O.O., Saitov I.A. 2018. Structural-functional model of inteIligent infocommunication system. Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics. 18 (6): 1034–1046. (in Russian).

10. Magauenov R.G. 2007. Security Alarms and Other Elements of Physical Protection Systems: A Brief Explanatory Dictionary. M., Hotline – Telecom, 97. (in Russian).

11. Mesarovich M., Mako D., Takahara Y. 1973. The theory of hierarchical multilevel systems. M., World, 344. (in Russian).

12. Ofitserov A.I., Eremenko V.T., Tsherepkov S.A. 2012. Method for providing lock-free routing in designing a data network. Vestnik komp`yuternyh i informatsionnyh tekhnologiy. 4: 38–46. (in Russian).

13. Ofitserov A.I., Eremenko V.T., Afonin S.I., Basov O.O. 2011. Syntheses of the data networks of automated management systems on base of criterion of the unlockable routing, Belgorod State University Scientific Bulletin, History Political Science Economics Information technologies. 7(102), no. 18/1: 168–176. (in Russian).

14. Okhtilev M.Yu., Sokolov B.V., Yusupov R.M. 2005. Intelligent technologies for monitoring the state and controlling the structural dynamics of complex technical objects. M., Science, 291. (in Russian).

15. Saati T. 1993. Making decisions. Hierarchy analysis method. Translation from English by R.G. Vachnadze. M., Radio i svjaz', 278.

16. Smirnov A.V., Bezruzhko V.V., Basov O.O. 2019. Theoretical bases of the construction of cyber-physical system development. Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies. 46 (3): 532–539 (in Russian).

17. Zvirkun A.D. 1982. Fundamentals of the synthesis of the structure of complex systems. M., Science, 200. (in Russian).

18. Balaji B. 2015. Models, abstractions, and architectures: The missing links in cyber-physical systems. Proceedings of the 52nd Annual Design Automation Conference, San Francisco, CA, USA. 8–12 June 2015; New York, NY, USA: 82–87.

19. Garcia-Valls M. 2017. Reliable software technologies and communication middleware: A perspective and evolution directions for cyber-physical systems, mobility, and cloud computing. Future Gener. Comput. Syst., 71:171–176.

20. Platzer A. 2018. Logical Foundations of Cyber-Physical Systems. Springer, 662.

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Офицеров А.И., Басов О.О., Бачурин С.С. 2020. Концептуальные основы обеспечения комплексной безопасности критически важных объектов. Экономика. Информатика. 47 (1): 154–163. DOI:

Ofitserov A.I., Basov O.O., Batchurin S.S. 2020. Conceptual bases of maintenance of complex safety on critical objects. Economics. Information technologies. 47 (1): 154–163 (in Russian). DOI:

УДК 621.391
DOI

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

CONCEPTUAL MODEL OF INFOCOMMUNICATION SYSTEMS FOR COLLECTING AND ANALYZING DATA ON THE HEALTH STATUS OF THE POPULATION

М.В. Королев[1], Л.Ю. Королева[2], А.И. Мотиенко[3]
M.V. Korolev[1], L.Yu. Koroleva[2], A.I. Motienko[3]

[1)] Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего образования «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», Россия, 302034, г. Орёл, ул. Приборостроительная, д. 35
[2)] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», Россия, 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95
[3)] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук, Россия, 199178, г. Санкт-Петербург, 14 линия В.О., д. 39,

[1)] Federal state military educational institution of higher professional education "Academy of the Federal security service of the Russian Federation", 35 Priborostroitelnaya St, Orel, 302034, Russia
[2)] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Oryol State University. I.S. Turgenev ", 95 Komsomolskaya St, Oryol, 302026, Russia
[3)] St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia

E-mail: korol80@list.ru, mivi2009@rambler.ru, anna.gunchenko@gmail.com

Аннотация
В статье проанализированы основные тенденции развития современных инфокоммуникационных систем медицинского назначения в России и за рубежом. Сделан вывод о том, что задачи по созданию, развитию и совершенствованию подобных систем приобретают в настоящий момент особую актуальность. Произведен анализ особенностей реализации и практического применения инфокоммуникационных систем, предназначенных для сбора и анализа медицинских данных, в России. Выделены и систематизированы основные функции инфокоммуникационных систем, предназначенных для сбора и анализа медицинской статистики. Представлена концептуальная модель обобщенной инфокоммуникационной системы по сбору и анализу статистических медицинских данных. Предложен вариант реализации типовой инфокоммуникационной системы, предназначенной для сбора и анализа данных о состоянии здоровья населения, описаны назначение основных элементов, входящих в ее состав, а также основные этапы ее работы; представлены предложения по ее практическому применению. В работе отмечены основные достоинства и недостатки современных информационно-телекоммуникационных систем, предназначенных для сбора и анализа медицинской информации, а также рассмотрены возможные перспективные направления дальнейшего совершенствования и работ по данной тематике. Сделан вывод о том, что применение описанных в работе моделей (их использование при реализации инфокоммуникационных систем, предназначенных для сбора и анализа данных о состоянии здоровья населения) позволит повысить как результативность работы отдельных медицинских учреждений, так и эффективность системы здравоохранения России в целом. При этом ожидается, что дальнейшая разработка решений по интеграции медицинских инфокоммуникационных систем позволит повысить качество управления работой различных учреждений и организаций здравоохранения, а также повысить эффективность медицинского обслуживания граждан РФ.

Abstract
The article analyzes the main trends in the development of modern information and communication systems for medical purposes in Russia and abroad. It is concluded that the tasks of creating, developing and improving such systems are currently of particular relevance. The analysis of the features of the implementation and practical application of information and communication systems designed for the collection and analysis of medical data in Russia. The main functions of information and communication systems intended for collecting and analyzing medical statistics have been identified and systematized. A conceptual model of a generalized information and communication system for the col-lection and analysis of statistical medical data is presented. An embodiment of a typical information and communication system designed for collecting and analyzing data on the health status of the population has been proposed, the purpose of the main elements included in its composition, as well as the main stages of its work are described; presents suggestions for its practical application. The paper highlights the main advantages and disadvantages of modern information and telecommunication systems designed to collect and analyze medical information, and also dis-cusses possible promising areas for further improvement and work on this topic. It was concluded that the use of the models described in the work (their use in the implementation of information and communication systems designed to collect and analyze data on the health status of the population) will improve both the performance of individual medical institutions and the efficiency of the Russian health system as a whole. At the same time, it is expected that further development of solutions for the integration of medical information and communication systems will improve the quality of management of the work of various healthcare institutions and organizations, as well as improve the efficiency of medical services for Russian citizens.

Ключевые слова: моделирование инфокоммуникационных систем медицинского назначения, сбор и анализ статистических медицинских данных, мониторинг здоровья населения, эффективность системы здравоохранения.
Keywords: modeling of information communication systems for medical purposes, collection and analysis of statistical medical data, public health monitoring, health system performance.

Введение

На современном этапе развития общества во всех многообразных сферах его жизнедеятельности все большее и больше значение приобретает информационная сфера – совокупность имеющихся информационных ресурсов, предназначенных для их хранения и обработки объектов информатизации и субъектов, реализующих к ним доступ, а также системы нормативно-правового регулирования связанных с ними общественных отношений [Доктрина информационной, 1984]. Очевидно, что современное общество не может функционировать без достаточно развитой информационной структуры. По этой причине различного рода инфокоммуникационные системы, предназначенные для сбора, обработки, хранения и передачи данных (для обмена информационными ресурсами между пользователями системы) находят самое широкое применение в самых различных сферах жизнедеятельности общества, а задачи по созданию, развитию и совершенствованию такого рода систем приобретают в настоящий момент особую актуальность.

В этом плане не являются исключением и такие сферы жизнедеятельности общества, как медицина, здравоохранение и социальная защита населения. Наметившийся в последние годы переход к информационному обществу, а также стремительные темпы научно-технического прогресса влекут за собой совершенствование и развитие информационных технологий и позволяют достаточно эффективно использовать их для повышения эффективности управления системой здравоохранения [Шадов, Чиповская, 2013; Гуров и др., 2019]. В этой связи вопросам, связанным с совершенствованием информационного обеспечения государственной системы здравоохранения, уделено особое внимание как в Концепции развития системы здравоохранения, так и в Концепции информатизации здравоохранения в РФ [Концепция информатизации; Концепция развития, 2018].

Одной из наиболее важных задач, решаемых путем применения в системе здравоохранения современных инфокоммуникационных технологий, является своевременное и качественное обеспечение граждан России всеми видами медицинских услуг за счет перехода к автоматизации информационного обмена (взаимодействия) между лечебными учреждениями (организациями) и системой управления здравоохранением – с одной стороны, а также между медицинскими учреждениями и населением страны – с другой стороны [Шадов, Чиповская, 2013].

Анализ особенностей реализации и практического применения инфокоммуникационных систем, предназначенных для сбора и анализа медицинских данных, в России

Последнее десятилетие в России характеризуется созданием и развитием медицинских инфокоммуникационных систем, обеспечивающих реализацию мониторинга здоровья населения по разнообразным отраслям медицины путем объединения и использования информационных ресурсов, накопленных и хранящихся в соответствующих базах данных. Интеграция данных систем, в свою очередь, делает возможной реализацию на их основе более сложных и разветвленных (распределенных) информационных систем, предназначенных для решения задач контроля и оценивания как состояния здоровья граждан РФ, так и качества оказания им соответствующих медицинских услуг. В качестве основы для создания таких систем, а также для перехода к единому информационному пространству (распределенной специализированной базы медицинских данных) могут служить как горизонтальные (территориальные), так и вертикальные (проблемно-ориентированные по направлениям медицины) информационные системы и технологии [Карпов, 2017; Лемешко, Тепцова 2017].

Исследователи отмечают, что современные медицинские учреждения производят и накапливают достаточно большие объемы статистических данных о состоянии здоровья граждан страны. От того, насколько эффективно организовано использование (учет, обмен, применение в медицинских целях) этой информации, во многом зависят качество медицинской помощи, общий уровень состояния здоровья населения как отдельных субъектов РФ, так и страны в целом.

На текущий момент времени в нашей стране уже реализованы различные компоненты инфокоммуникационной системы, предназначенной для решения различного рода задач как прикладной медицины, так и теоретической медицинской науки. Перспективные информационные и телекоммуникационные технологии в медицине, как и в других отраслях знания, находят все более и более широкое применение, а медицинская информатика, признанная самостоятельной областью науки, уже достаточно давно занимает одно из важных мест среди других дисциплин [Шадов, Чиповская, 2013]. Дальнейшее развитие информатизации в здравоохранении и медицинской науке позволит со временем перейти к созданию современных инфокоммуникационных систем, предназначенных для сбора, хранения и обработки данных о состоянии здоровья населения различных регионов страны, осуществить создание полноценных региональных центров обработки данных в системе здравоохранения, сделает возможным переход к практической реализации различного рода систем по сбору и анализу данных медицинской статистики, а также позволит лечебным учреждениям широко использовать их в своей повседневной деятельности, а в перспективе – реализовать мониторинг состояния здоровья населения в текущем масштабе времени, перейдя, тем самым, к реализации и созданию обобщенного (целостного и единого) инфокоммуникационного пространства в сфере организации здравоохранения [Гуров и др., 2018; Лемешко, Тепцова, 2017].

Следует отметить, что для создания и практического применения инфокоммуникационных систем, предназначенных для сбора и анализа медицинских данных, необходима, в первую очередь, разработка концептуальной и формальной (функциональной) обобщенных моделей данных систем. Применение таких моделей на

практике позволит реализовать единый подход и использовать типовые проекты при создании современных инфокоммуникационных систем медицинского назначения, обеспечив, тем самым, возможность их совместной работы и интеграции в единое целое, реализовать возможности по дальнейшему развертыванию и развитию уже существующих (ранее созданных) систем, а также по дальнейшему расширению их функций (возможностей).

Проведенный анализ имеющихся работ по данной тематике позволил выделить основные функции инфокоммуникационных систем, предназначенных для сбора и анализа медицинской статистики [Шадов, Чиповская, 2013]:

– создание единой распределенной информационно-аналитической системы, предназначенной для ведения различного рода федеральных регистров и реестров персонифицированного учета пользователей (пациентов);

– реализация (воплощение единой концепции) системы, предназначенной для оказания населению медицинской помощи, и дальнейшее ее развитие и модернизация;

– реализация информационной поддержки на различных этапах оказания населению медицинских услуг: как первичной медпомощи, так и прочих видов медицинских услуг на иных (более поздних) стадиях лечебно-диагностического процесса;

– создание единой (централизованной) системы, предназначенной для оказания гражданам медицинской помощи и созданной на основе мониторинга в реальном масштабе времени различных показателей и индикаторов;

– оценка эффективности деятельности учреждений и органов системы здравоохранения;

– выявление основных тенденций, прогнозирование возможных сценариев дальнейшего развития событий и соответственно – осуществление мероприятий по стратегическому планированию и выработке единой политики в области здравоохранения и социального развития;

– информационное сопровождение и поддержка принятия соответствующими органами управления системы здравоохранения своевременных управленческих решений, и т. д.

Концептуальная модель обобщенной инфокоммуникационной системы по сбору и анализу статистических медицинских данных

Реализация всех описанных выше функций при помощи единой распределенной инфокоммуникационной системы для сбора и анализа статистических медицинских данных на практике позволит сформировать концептуальную модель данной системы, представленной в виде обобщенной иерархической структуры на рис. 1.

Представленная на рис. 1 обобщенная модель типовой инфокоммуникационной системы, предназначенной для сбора медицинских данных и анализа полученной информации, включает в себя различные уровни – от самостоятельных муниципальных (региональных) медицинских учреждений (организаций) до федеральной (единой) системы здравоохранения [Шадов, Чиповская, 2013]. Однако в настоящий момент реализация данной модели в полном объеме (например, на основе уже созданных ранее инфокоммуникационных систем медицинского назначения) оказывается не всегда возможной в силу ограничений, обусловленных необходимостью как существенной модернизации существующей системы здравоохранения, так и связанных с этим (сопутствующих) финансово-экономических затрат. Тем не менее необходимость дальнейшего повышения уровня информатизации системы здравоохранения в РФ в перспективе не вызывает сомнений.

В настоящее время на рынке медицинских информационных систем представлено более 300 фирм, большая часть которых является коммерческими организациями. При этом около 20 % компаний занимается разработкой узкоспециализированного ПО, предназначенного для автоматизации определенных направлений деятельности, а оставшиеся (большая часть) компании автоматизируют медучреждения сразу в нескольких

смежных отраслях. Использование при создании данного программного обеспечения описанных выше моделей позволит повысить существенно эффективность и взаимозаменяемость их работы [Шадов, Чиповская, 2013]. В конечном итоге создание «сквозных» программных продуктов и программно-аппаратных комплексов одновременно по нескольким смежным направлениям медицины позволит реализовать (воплотить в полном объеме) как функции всевозможных реестров (информационных) баз данных различного уровня, так и возможности статистической обработки имеющейся в них информации [Гуров и др., 2018].

Рис. 1. Концептуальная модель обобщенной инфокоммуникационной системы по сбору и анализу статистических медицинских данных

Fig. 1. A conceptual model of a generalized infocommunication system for the collection and analysis of statistical medical data

Реализацию описанных выше задач (функций) целесообразно производить последовательно (поэтапно). При этом на первом из данных этапов необходимо выполнение следующих задач [Шадов, Чиповская, 2013]:

– определение основных требований (организационных и технических) к элементам государственной информационно-телекоммуникационной системы, предназначенной для сбора медицинских данных различного типа, и их анализа;

– создание специализированной тестовой зоны, предназначенной для опытной (контрольной) эксплуатации создаваемых программно-аппаратных комплексов (ПАК);

– инсталляция разработанных ПАК в лечебных учреждениях различного уровня и их интеграция в единую службу (например, через сеть Интернет), а также создание на их базе единого федерального центра (базы), предназначенной для обработки имеющихся в наличии персональных данных;

– дальнейшее развитие (совершенствование) системы различного рода реестров (регистров) медицинского назначения, обеспечивающих возможность доступа к хранящейся в них информации как органов государственной власти, так и отдельных граждан.

При реализации второго этапа необходимо выполнение следующих мероприятий:

– начало практической эксплуатации федеральной системы, предназначенной для сбора, хранения и анализа статистических данных медицинского назначения (широкого ее применения на практике);

– создание единой (целостной) системы, обеспечивающей однозначную идентификацию пользователей данной системы (пациентов) на основе их персональных данных;

– реализация подсистемы, обеспечивающей учет, хранение, обработку и использование имеющейся в наличии как медицинской, так и научно-справочной информации различного рода.

На третьем этапе должны быть выполнены следующие мероприятия [Гуров и др., 2018]:

– создание единой разветвленной сети взаимоувязанных друг с другом медицинских информационно-аналитических центров и организация их совместной работы;

– создание Единого научно-аналитического центра, предназначенного для стратегического прогнозирования и планирования;

– создание на региональном и федеральном уровнях специальных координационно-методических советов по информатизации здравоохранения;

– продолжить разработку и внедрение программных продуктов по сбору, анализу, хранению медицинской информации, ее обработке и применению;

– продолжить разработку концепции дальнейшего совершенствования различных направлений телемедицины, а также единой телемедицинской информационно-телекоммуникационной базы (системы) на государственном (федеральном) уровне.

Часть мероприятий, перечисленных при описании первого этапа реализации системы, была реализована в течение 2009–2018 гг, оставшуюся часть мероприятий еще предстоит реализовать. Исследователи отмечают, что расширение возможностей и дальнейшее совершенствование современных инфокоммуникационных технологий медицинского назначения делают возможным реализацию представленных выше задач на всей территории страны в достаточно сжатые сроки [Гуров и др., 2018; Концепция развития, 2018]. При этом в ряде случаев достаточно полезным может оказаться как опыт отдельных регионов РФ, в которых активно создаются и развиваются инфокоммуникационные системы медицинского назначения, так и западных стран [Шадов, Чиповская, 2013].

Работы по данному направлению активно продолжаются и в настоящее время. При этом к наиболее актуальным направлениям в данной отрасли знаний можно отнести, например, следующие [Государственная программа, 2017]:

– дальнейшая информатизация организационных и управленческих процессов, связанных с обеспечением охраны здоровья граждан, а также с оценкой уровня (состояния) их здоровья, включая мониторинг информации (сбор и дальнейшую обработку данных) о состоянии здоровья населения тех или иных регионов;

– создание медицинско-технологических (инфокоммуникационных) систем для автоматизации процессов сбора данных о состоянии здоровья граждан и поддержки врачебных решений как на федеральном, так и на региональном и муниципальном уровнях;

– внедрение информационных технологий, предназначенных для сбора данных о состоянии здоровья населения, на уровне учреждений здравоохранения [Государственная программа, 2017].

В рамках решения описанных выше задач во многих регионах страны автоматизированными системами ежегодно рассчитываются соответствующие показатели, характеризующие как деятельность системы здравоохранения региона, так и состояние здоровья населения области, и позволяющие спрогнозировать основные тенденции их дальнейшего развития. Создана единая информационная база, содержащая достаточно большой объем персонифицированной медицинской информации (охватывающая порядка 1,5 млн населения области), данные из которой используются для построения

геоинформационной системы оценки здоровья населения региона [Шадов, Чиповская, 2013]. В зависимости от поставленных задач реализованные в различных регионах страны системы обеспечивают получение в реальном масштабе времени информации о здоровье граждан (пациентов), об их запросах (потребностях) в медицинских препаратах (лекарствах), и пр. Кроме того, во многих регионах страны приняты положения и действуют Региональные центры, предназначенные для работы с персональными данными медицинского назначения и созданные на базе уже имеющихся отделов и центров по обработке соответствующих данных и реализующие их функции. К основным задачам таких центров относятся, например, автоматизация процессов по сбору необходимой для их работы информации и по ее дальнейшей обработке, обмен такой информацией между соседними центрами, контроль (постоянное отслеживание текущей информации и прогнозирование) состояния здоровья граждан страны, а также организация учета оказанных им медицинских услуг и пр. Кроме того, создание таких центров позволяет повысить эффективность функционирования различных медицинских учреждений и органов здравоохранения за счет повышения оперативности и точности принимаемых при их работе управленческих решений.

Достаточно перспективным направлением применения инфокоммуникационных систем сбора и анализа данных о состоянии здоровья населения является также использование технологий телемедицины, т. е. реализация системы, позволяющей осуществлять сбор предварительных данных о состоянии здоровья тех или иных пациентов с возможностью постановки пациенту предварительного диагноза и последующей передачи собранной информации квалифицированным специалистам (врачам). Применение указанного подхода делает возможным организацию мониторинга состояния здоровья населения в реальном масштабе времени, а также повышает качество и оперативность предоставляемых при этом медицинских услуг [Manu-Marin, Center, 2015; Государственная программа, 2017; Лемешко, Тепцова, 2017; Винокурова, 2018]. В 2017 г. с целью окончательного урегулирования вопросов, связанных с процессами удаленного (дистанционного) предоставления медицинских услуг, был принят соответствующий федеральный закон [Федеральный закон, 2017]. Принятие данного документа явилось достаточно важным шагом к развитию Единой федеральной информационной системы здравоохранения, а также для оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий. Ожидается, что использование возможностей современных инфокоммуникационных технологий для создания в РФ различного рода телемедицинских сетей позволит снять часть проблем, связанных с трудностями оказания медицинской помощи населению.

Вариант реализации типовой инфокоммуникационной системы, предназначенной для сбора и анализа данных о состоянии здоровья населения, представлен на рис. 2. Технические решения, на базе которых реализуются заложенные в основу модели проекты, должны, как правило, предусматривать разработку типовых (обобщенных) систем, имеющих схожую архитектуру, т. е. использовать модульный принцип реализации и иметь широкие возможности для их дальнейшего развертывания и модернизации [Лемешко, Тепцова, 2017; Гуров и др., 2018].

В РФ в настоящий момент создана, достаточно активно эксплуатируется и развивается Единая государственная информационная система в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ), реализованная в виде федерального и региональных сегментов системы, а также связывающих их воедино интеграционных систем. В ЕГИСЗ реализованы такие функции и виды услуг, как электронная регистратура и электронная медицинская карта, автоматизированный сбор информации о показателях, созданы подсистемы автоматизированного сбора информации, мониторинга и контроля, а также ведения специализированных реестров различного вида [Зарубина, 2016; Федеральный закон, 2017].

Таким образом, в современных условиях становится возможным осуществление поэтапного перехода от автоматизации учета отдельных видов предоставляемых пациентам услуг к разработке и применению единых территориально разнесенных (распределенных) инфокоммуникационных систем медицинского назначения, реализующих функции по непрерывной обработке и анализу информации в реальном масштабе времени. При этом применение таких систем (технологий) должно обеспечивать не только ретроспективный анализ имеющейся в наличии информации, но и выявление и формализацию различного рода закономерностей ее возникновения и развития – иными словами, производить прогнозирование возможных ситуаций (вариантов, событий) и осуществлять своевременное принятие соответствующих управленческих решений [Лемешко, Тепцова, 2017].

Рис. 2. Вариант реализации типовой инфокоммуникационной системы, предназначенной для сбора и анализа данных о состоянии здоровья населения

Fig. 2. An implementation option for a typical infocommunication system designed to collect and analyze data on the health status of the population

С учетом особенностей представленных на рис. 1, 2 моделей, а также перечисленных выше функций, реализуемых инфокоммуникационными системами медицинского назначения, может быть сформирована структурно-функциональная схема типовой инфокоммуникационной системы, представленная на рис. 3.

Рис. 3. Структурно-функциональная схема типовой инфокоммуникационной системы, предназначенной для сбора и анализа данных о состоянии здоровья населения
Fig. 3. Structural and functional diagram of a typical infocommunication system designed to collect and analyze data on the state of public health

С помощью специальных датчиков, встроенных в современные мобильные устройства пользователей, становится возможным измерить отдельные физиологические показатели человеческого организма, а также передать их напрямую врачу вместе с имеющимися результатами анализов. Кроме того, современные диагностические приборы, как правило, также способны сохранять в памяти результаты выполненных измерений (проведенных ими анализов) для их дальнейшей (последующей) передачи в специализированные центры. Таким образом, в тех случаях, когда пациенту необходима экстренная помощь медицинского специалиста, а он находится далеко от учреждения здравоохранения, то он может воспользоваться соответствующими услугами телемедицины для доступа к требуемым ему услугам врачей – например, через установленное на мобильном устройстве приложение. Пациент, используя мобильное приложение на своем терминале (смартфоне), вводит данные о своем состоянии (либо вручную, либо автоматически), результаты анализов и т. п., передавая имеющуюся у него информацию в центр предварительной обработки и хранения данных. При этом для идентификации личности предлагается регистрация в указанном приложении – например, через Единый портал по предоставлению государственных услуг [Мотиенко, 2017]. На основе полученных данных экспертная система выдает предполагаемый диагноз и рекомендации по оказанию первичной медицинской помощи, после чего организует запись пациента на прием к специалисту либо (при выявлении неотложного состояния) вызывает бригаду скорой помощи на место нахождения абонента. Координаты текущего местоположения пользователя мобильное приложение получает от встроенного в абонентский терминал (смартфон) GPS-модуля. Информация о времени работы и расписании специалистов, а также о наличии свободных талонов (мест в «электронной очереди» на амбулаторный прием) передается на сервер системы и постоянно обновляется в реальном масштабе времени (например, из базы подключенных к единой сети лечебно-

профилактических учреждений). Предполагаемый диагноз ставится пациенту по результатам работы типовой модели, оценивающей состояние здоровья пациента на основе поступивших от него данных [Мотиенко, Басов, 2015]. При этом вся информация, полученная системой от конкретного пациента, сохраняется в памяти (в базе данных) сервера, и становится доступной для корректировки либо для подтверждения диагноза квалифицированному медицинскому специалисту (дежурному) на автоматизированном рабочем месте [Копаница, 2017].

Основные преимущества инфокоммуникационных систем медицинского назначения могут быть обобщены в виде таблицы 1 [Шадов, Чиповская, 2013].

Таблица 1
Table 1

Основные достоинства современных информационно-телекоммуникационных систем, предназначенных для сбора и анализа медицинской информации
The main advantages of modern information and telecommunication systems designed to collect and analyze medical information

Преимущества для пациента	Преимущества для лечащего врача	Преимущества для Департаментов здравоохранения
Повышение эффективности лечения (оперативность получения диагностических данных и назначения лекарств и пр., накопление данных о пациенте и назначенных ему лекарствах за любое количество лет и пр.). Снижение времени ожидания пациентом процедуры, время постановки диагноза	Повышение продуктивности лечения (сокращение «бумажной» работы, возможность просмотра имеющейся по пациенту статистики и историй болезни в «электронном» виде, возможность доступа к необходимой врачу информации в реальном масштабе времени)	Возможность сравнительной оценки и анализа эффективности функционирования медицинских учреждений и организаций, и пр.
Снижение затрат времени (уменьшение времени ожидания, выбор и оптимизация плана посещения пользователем тех или иных специалистов, моментальный доступ пациента к результатам анализов и обследований в электронном виде и пр.)	Сокращение времени обслуживания каждого пациента (за счет более быстрого поиска информационно-справочной информации, сокращения доли ручной работы по заполнению историй болезни, и т. п.)	Своевременное реагирование на возникающие в ходе работы ситуации, оперативное принятие и более полное обоснование управленческих решений в режиме реального времени

Заключение

Ожидается, что применение описанных выше моделей (их использование при реализации инфокоммуникационных систем, предназначенных для сбора и анализа данных о состоянии здоровья населения) позволит повысить как результативность работы отдельных медучреждений, так и эффективность системы здравоохранения России в целом – например, по таким ключевым индикаторам, как больничная летальность, длительность временного интервала между установлением диагноза хронического заболевания и смертью больного, ожидаемая продолжительность предстоящей жизни и пр., а также снизить преждевременную смертность и повысить среднюю продолжительность жизни населения страны [Шадов, Чиповская, 2013]. Разработка решений по интеграции медицинских инфокоммуникационных систем позволит повысить качество управления работой различных учреждений и организаций здравоохранения, а также повысить эффективность медицинского обслуживания граждан РФ [Государственная программа, 2017; Федеральный закон, 2017]. Так, например, по имеющимся экспертным оценкам, внедрение инфокоммуникационных систем для сбора медицинской информации позволит существенно повысить влияние

существующей в РФ системы здравоохранения на уровень здоровья населения ее граждан, доведя эту долю с нынешних 8–10 до 30–35 % от всего объема влияющих на состояние здоровья факторов. Кроме того, переход к «электронному здравоохранению» позволит сэкономить до 30 % от общего объема имеющихся непроизводительных затрат в сфере здравоохранения [Шадов, Чиповская, 2013].

Работа выполнена при финансовой поддержке фонда РФФИ (проекты № 18-07-00380, № 19-07-00832), в рамках бюджетной темы №0073–2019–0004, частичной финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (грант 08-08).

The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic (projects № 18-07-00380, № 19-07-00832, by the state research 0073–2019–0004, partial financial support of the Government of the Russian Federation (grant 08-08).

Список литературы

1. 1984. Доктрина информационной безопасности РФ. Указ Президента РФ от 05.12.2016 № 646–2016. М.: Машиностроение. 288 с.

2. Винокурова М.А. 2018. Телемедицина: баланс безопасности и эффективности? Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 3: 89–96.

3. Государственная программа развития здравоохранения Российской Федерации. URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102349622 (дата обращения: 29.04.2019).

4. Гуров А.Н., Огнева. Е.Ю., Плутницкий А.Н., Давронов И.В. 2018. Применение программного комплекса для анализа эффективности нового менеджмента в работе поликлиник и выявления причин неудовлетворенности пациентов первичной медико-санитарной помощью. Врач и информационные технологии. 10: 6–7.

5. Зарубина Т.В. 2016. Единая государственная информационная система здравоохранения: вчера, сегодня, завтра. Сибирский вестник медицинской информатики и информатизации здравоохранения. 1: 6–11.

6. Карпов О.Э., Субботин С.А., Шишканов Д.В., Замятин М.Н. 2017. Цифровое здравоохранение. Необходимость и предпосылки. Врач и информационные технологии. 3: 6–22.

7. Концепция информатизации здравоохранения России. URL: http://www.ingzdrav.ru/_dr/0/19_ZRJ.pdf (дата обращения: 29.04.2019).

8. Концепция развития здравоохранения Российской Федерации до 2020. URL: http://federalbook.ru/files/FSZ/soderghanie/Tom%2012/1-9.pdf (дата обращения: 29.04.2019.

9. Копаница Г.Д. 2017. Обработка и передача данных медицинской статистики на основе международного стандарта ISO 13606. Бюллетень сибирской медицины. 13(4): 53–57.

10. Лемешко В.А., Тепцова Т.С. 2017. Телемедицина: здравоохранение делает шаг в будущее. Медицинские технологии: оценка и выбор. 4: 30–38.

11. Мотиенко А.И., Басов О.О. 2015. Вероятностная модель положения транспортировки пострадавшего. Сборник трудов 7-й Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2015). 230–235.

12. Мотиенко А.И. 2017. Предпосылки создания инфокоммуникационной системы мониторинга состояния здоровья населения. Научный результат. 2(3): 24–30.

13. Федеральный закон от 29.07.2017 № 242-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья». URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201707300032 (дата обращения: 29.04.2019).

14. Шадов С.С., Чиповская И.С. 2013. К вопросу об эффективности информационных технологий на российском рынке медицинских услуг. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 3: 239–246.

15. Manu-Marin A., Center E.P.R. 2015. Telemedicine as an Alternative Model for Delivering Healthcare Services: Preliminary Results of the MultiMED Project. Modern Medicine. 22(4): 342–345.

References

1. 1984. Doctrine of accessible security of the Russian Federation. Presidential Decree of December 5, 2016 no. 646. M.: Mashinostroenie. 288. (in Russian).

2. Vinokurova M.A. 2018. Telemedicine: the balance between safety and effectiveness? Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo – Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod. 3: 89–96. (in Russian).

3. Gosudarstvennaja programma razvitija zdravoohranenija Rossijskoj Federacii [State program for the development of health care in the Russian Federation]. Available at: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102349622 (accessed: 29.04.2019).

4. Gurov A.N., Ogneva E.Ju., Plutnitsky A.N., Davronov I.V. 2018. Application of a software package for analyzing the effectiveness of a new work management of outpatient hospitals and identifying causes of patients' dissatisfaction with primary health care. Vrach i informacionnye tehnologii – Information technologies for the Physician. 10: 6–17. (in Russian).

5. Zarubina T.V. 2016. Unique state information system in the health care: yesterday, today and tomorrow. Sibirskij vestnik medicinskoj informatiki i informatizacii zdravoohranenija – Siberian Herald of Medical Informatics and Informatization of Healthcare. 1: 6–11.

6. Karpov O.E., Subbotin S.A., Shishkanov D.V., Zamyatin M.N. 2017. Digital public health. Necessity and background. Vrach i informacionnye tehnologii – Information technologies for the Physician. 3: 6–22. (in Russian).

7. Koncepcija informatizacii zdravoohranenija Rossii [The concept of informatization of healthcare in Russia]. Available at: http://www.ingzdrav.ru/_dr/0/19_ZRJ.pdf (accessed: 29 March 2019).

8. Koncepcija razvitija zdravoohranenija Rossijskoj Federacii do 2020 [The concept of the development of healthcare in the Russian Federation until 2020]. Available at: http://federalbook.ru/files/FSZ/soderghanie/Tom%2012/1-9.pdf (accessed: 29.04.2019). Accessed: 29.04.2019).

9. Kopanitsa G.D. 2017. The processing and transmission for medical statistics based on the international standard iso 13606. Bjulleten' sibirskoj mediciny – Bulletin of Siberian Medicine. 13(4): 53–57.

10. Lemeshko V.A., Teptsova T.S. 2017. Telemedicine: a Step to the Future of Health Care. Medicinskie tehnologii: ocenka i vybor – Medical Technologies. Assessment and Choice. 4: 30–38. (in Russian).

11. Motienko A.I., Basov O.O. 2015. Verojatnostnaja model' polozhenija transportirovki postradavshego. Sbornik trudov 7-j Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii po imitacionnomu modelirovaniju i ego primeneniju v nauke i promyshlennosti «Imitacionnoe modelirovanie. Teorija i praktika» (IMMOD-2015). [Probabilistic Model of Position of Injured During Transportation. Proceedings of the Seventh All-Russia Scientific-Practical Conference on Simulation and its Application in Science and Industry «Simulation. The Theory and Practice» (IMMOD-2015)]. 230–235.

12. Motienko A.I. 2017. Prerequisites for the creation of infocommunication system for monitoring health status of the population. Nauchnyj rezul'tat – Research Result. 2(3): 24–30. (in Russian).

13. Federal'nyj zakon ot 29.07.2017 № 242-FZ «O vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty RF po voprosam primenenija informacionnyh tehnologij v sfere ohrany zdorov'ja» [Federal Law of July 29, 2017 No. 242-FZ "On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation on the Application of Information Technologies in the Sphere of Health Protection"]. Available at: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201707300032 (accessed: 29.04.2019).

14. Shadov S.S., Chipovskaja I.S. 2013. Effectiveness of the information technologies on the Russian medical services market. Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta jekonomiki i servisa – Bulletin of the Vladivostok State University of Economics and Service. 3: 239–246. (in Russian).

15. Manu-Marin A., Center E.P.R. 2015. Telemedicine as an Alternative Model for Delivering Healthcare Services: Preliminary Results of the MultiMED Project. Modern Medicine. 22(4): 342–345.

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Королев М.В., Королева Л.Ю., Мотиенко А.И. 2020. Концептуальная модель инфокоммуникационных систем сбора и анализа данных о состоянии здоровья населения. Экономика. Информатика. 47 (1): 164–175. DOI:

Korolev M.V., Koroleva L.Yu., Motienko A.I. 2020. Conceptual model of infocommunication systems for collecting and analyzing data on the health status of the population. Information technologies. 47 (1): 164–175 (in Russian). DOI:

УДК 004.41/.42
DOI

ОСНОВАННОЕ НА CPN-TOOLS ПО ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

CPN-BASED SIMULATION SOFTWARE FOR BUSINESS PROCESS THROUGHPUT ANALYSIS

И.В. Артамонов
I.V. Artamonov

Байкальский государственный университет,
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 11

Baikal State University, 11 Lenina St, Irkutsk, 664003, Russia

E-mail: ivan.v.artamonov@gmail.com

Аннотация
При разработке и внедрении корпоративных информационных технологий необходимо оценивать эффективность работы проектируемых и совершенствуемых бизнес-процессов. Разрабатываемая система показателей во многом зависит от специфики бизнес-процесса, а ее качество – от опыта эксперта. Существующие технологии не позволяют объективно оценивать работоспособность будущих процессов по их схемам, будучи либо слишком примитивными, либо сложными для применения к моделям реального предприятия. Метрики производительности вообще сложно поддаются изучению формальными методами, так как кроме структуры процесса необходимо учитывать временные аспекты его работы, которые вообще могут носить стохастический характер. В статье описывается программное обеспечение для анализа производительности бизнес-процесса путем имитационного моделирования. Для отображения схемы взаимодействия предлагается использовать аппарат цветных сетей Петри со специальным расширением для анализа временных меток. Управление имитационным комплексом осуществляется серверным программным обеспечением через веб-ориентированный интерфейс. Программный комплекс позволяет проводить анализ нескольким исследователям одновременно.

Abstract
It’s necessary to measure business process throughput during development and implementation of corporate information systems. A system of throughput metrics for such analysis is determined by business process nature, while its quality depends on analyst experience. Current technologies do not provide a method for objective measuring of future business processes throughput efficiency being either too primitive or too complex for real-world enterprise models. Throughput metrics are generally difficult to study with formal methods, since in addition to the structure of the process, it is necessary to take into account time aspects, which can be stochastic in general. The paper presents simulation software for analysis of business process throughput. The program uses Timed Coloured Petri Nets for representing an interaction scheme, CPN Tools for simulation and is ruled by an application server through web-oriented interface. On the whole the simulation package is designed for using in distributed environment and allows carrying out an analysis by several researchers concurrently.

Ключевые слова: бизнес-процесс, имитационное моделирование, пропускная способность, производительность, CPN Tools, цветные сети Петри.
Keywords: business process, computer simulation, throughput, performance, CPN Tools, Coloured Petri Net.

Введение

Процессное управление в менеджменте предполагает переход от управления отдельными подразделениями компании к управлению сквозными бизнес-процессами, проходящими через все предприятие и даже выходящими за его границы. Поэтому в основе процессного подхода лежит деятельность по описанию, моделированию и исполнению бизнес-процессов. Под бизнес-процессом (процессом) будем понимать совокупность взаимосвязанных процедур и действий, совместно достигающих определенной бизнес-цели [Workflow Management Coalition, 1999]. В текущей рыночной ситуации хорошим конкурентным преимуществом является использование автоматизированных технологий в различных сферах деятельности. Работа многих современных информационных систем (ИС) предприятия основывается на модели бизнес-процессов. Поэтому деятельность по формализации и улучшению бизнес-процессов является важной для внедрения информационных технологий и успешной работы предприятия.

Создание процессной модели предприятия сопровождается построением и анализом моделей бизнес-процессов. Эта стадия предваряет внедрение ИС, а выполняется она графическим образом. Однако этап анализа и усовершенствования построенных моделей процессов во многом остается неформальным, зависящим от знаний и опыта аналитика [Грибанова, Шуплецов, 2017]. Аналитик занимается выявлением неэффективного использования ресурсов, избыточных или ненужных взаимодействий, сокращением цепочек передачи данных и пр.

Не менее важно в процессе анализа ответить на вопросы «Как долго может длиться процесс?», «Сколько он стоит?», «Сколько ресурсов может понадобиться?» и т. д. Достоверные ответы, полученные объективными методами, снижают зависимость от компетенции эксперта и позволяют эффективно повышать качество работы бизнеса. Сегодня существуют технологии, позволяющие получать такие ответы от уже выполняющихся процессов и корпоративных информационных систем, например, с помощью глубинного анализа процессов [Aalst. 2011]. Но предсказание эффективности будущей системы пока остается практически нерешенной проблемой. Эксперты-аналитики обычно владеют данными о статистике выполнения и эффективности уже существующих операций, механизмов и человеческих ресурсов, но не могут с достаточной точностью рассчитывать показатели нового, только создаваемого процесса. Особенно, если этот процесс сложный, трудноформализуемый, включает ручные операции, а его поведение носит вероятностный характер. Поэтому в индустрии часто анализ производительности таких процессов не производится, так, в [Dumke et al., 2001] говорится, что производительность автоматизированных систем анализируется только на последних этапах разработки, когда уже нет возможности вносить кардинальные изменения.

Технологии функционально-стоимостного анализа, встроенные в средства моделирования процессов, отвечают на некоторые вопросы, но расчеты проводятся достаточно просто: например, для каждого блока схемы записываются данные (время или стоимость), а в случае последовательного расположения блоков сумма их данных и определяется как итоговая для всего процесса. Понятно, что такой метод становится бесполезным в случаях усложнения структуры, например, с добавлением условий или циклов, не учитывает нагрузку на процесс и разное время его выполнения, зависящее от множества факторов. И получается, что ввод данных о процессах в систему моделирования носит формальный, справочный характер, а их анализ проводится только экспертно.

Анализ существующих формальных, объективных способов расчета производительности бизнес-процессов показал, что большая часть из них опирается на методики, сложность применения которых часто экспоненциально растет при росте сложности исследуемой системы.

А такие нужные операции, как поиск наиболее производительных конфигураций бизнес-процесса, анализ ее чувствительности к эффективности работы отдельных операций вообще не проводится.

Описываемый в статье программный комплекс лишен перечисленных недостатков. Он опирается на ту же предпосылку (имеются данные о производительности операций, составляющих процесс), что и большинство из существующих на данный момент времени формальных методов предварительного расчета производительности, однако позволяет получить разносторонние результаты быстрее и легче, используя метод имитационного моделирования.

Анализ существующих методов

Несмотря на то, что вопросы оценки производительности бизнес-процессов исследуются параллельно с развитием процессного подхода, нами не было обнаружено хоть сколько-нибудь выделенного определения этого термина (отметим, что к этому понятию мы не относим такие классические экономические термины, как производительность земли, капитала, труда [Соколова, 2003; Радостева, 2018] и пр., где время не рассматривается как основная ось измерений, а смысл терминов близок к «продуктивности»). Будем считать, что производительность бизнес-процесса – это набор показателей, оценивающих эффективность выполнения бизнес-процесса с учетом временных ограничений.

Показатели производительности (throughput indicators) являются частью более широкой группы показателей эффективности (performance indicators), куда кроме собственно «времени» в [Heckl, Moorman, 2010] относят качество, стоимость и гибкость. Эти показатели хорошо согласуются с существующими системами оценки эффективности компаний (в KPI, Performance prism, BSC [Балашова, Репина, 2011] и пр.) и являются важной частью метрик качества бизнес-процесса [Cardosoб 2002]. Также производительность можно отнести к группе показателей надежности бизнес-процесса.

Ввиду слабого развития вычислительной техники большинство работ по теории построения производственных систем ([Al-Jaar et al, 1988.; Al-Jaar et al, 1990; Leonides, 1991; Zuberek, Kubiak, 1994.; D'Souzaa, Khator, 1994; Moore, Gupta, 1996; Viswanadham, Srinivasa, 2000; Kasi, Tang, 2005; Chryssolouris, 2005; Heinrich, 2013]) или теории QoS бизнес-процессов ([Aguilar et al., 1999; Cardoso, 2002; Hosftede, 2005; Alkhaldi et al., 2008; Brocke, Rosemann, 2010; Saeedi et al., 2010]) ориентируются на формальные методы анализа. В сервис-ориентированной построения систем и предприятий идеологии, развивающейся последние годы, технологической основной выполнения бизнес-процессов или рабочих потоков являются композиции сервисов, поэтому был проведен анализ и методов расчета их производительности. В общем методики анализа производительности делятся на 2 направления: с использованием имитационного или математического моделирования. Во втором случае методики ориентируются на анализ структуры системы ([Lemos, et al., 2005; Myoung Ko et al., 2008; Anja Strunk, 2010), как минимум предполагают расчет с учетом только последовательного расположения под-процессов, в более сложных случаях предлагая различные алгоритмы расчета производительности по базовым алгоритмическим конструкциям (циклов, развилок и пр.).

Но любой из описанных методов труден для реального применения и его сложность часто экспоненциально растет с ростом сложности исследуемых систем (проблема комбинаторного взрыва). Небольшая часть работ использует имитационное моделирование как доказательство эффективности частных алгоритмов ([Silver et al., 2003.; Sato et al., 2007; Yang et al., 2008]). Имитационное моделирование хорошо применимо для анализа работы процессов и систем, однако практическое применение метода ограничено ввиду недостатка универсальных технологий и средств. Хорошо формализуемые цепочки автоматизированных бизнес-процессов можно моделировать достаточно точно, но бизнес-процессы, включающие большие объемы ручного труда и неконтролируемых факторов – сложно [Aalst, 2015].

Кроме того, подготовка имитационного эксперимента для такого рода систем может занимать время, сравнимое с разработкой прототипа среды выполнения бизнес-процессов,

который, кстати, и может являться имитационной моделью. Типовые инструменты имитационного моделирования требуют длительного освоения и позволяют моделировать простейшие сигналы, обрабатываемые системой. Таким образом, дороговизна и методическая сложность затрудняют точные расчеты производительности бизнес-процессов в задачах автоматизации бизнеса.

Описание программного комплекса

Мы предлагаем новый способ анализа производительности бизнес-процессов, легкий в освоении и интерпретации результатов. Методика предполагает использование специального программного комплекса (ПКБТ), который дополнительно может применяться для оценки надежности работы различных систем и процессов [Артамонов, 2014].

В качестве языка моделирования процессов используется аппарат сетей Петри, но в целях расширения возможностей моделирования используются цветные сети Петри – они позволяют задавать множество данных и их типов, а каждая операция процесса – это отдельный переход сети. Простые сети Петри, давая хорошие возможности к структурному и поведенческому анализу, не позволяют анализировать производительность схемы, так как не предполагают наличия временных характеристик для позиций, переходов и меток. Поэтому нами предлагаются к использованию цветные сети Петри с временным расширением, данным в [Jensen, 2009]. Обоснование возможности использования цветных сетей Петри для целей моделирования бизнес-процессов было нами дано в [Артамонов, 2013] и др. работах.

ПКБТ уже был способен анализировать надежность бизнес-процессов, но новые функции расширяют функциональность для оценки производительности и решают следующие задачи:

1. Оценка производительности процесса целиком. В модель вводятся значения производительности отдельных операций, скорость работы исполнителей, интенсивность входящего потока заявок.

2. Оценка чувствительности. Анализ основан на предположении, что производительность одних подпроцессов больше влияет на общую производительность, чем других. Анализ чувствительности определяет величину этого влияния и проводит сравнение влияний разных операций друг на друга.

3. Сравнение производительности различных структур процесса. ПКБТ проводит исследование для разных значений начальных параметров или для разных структур для нахождения оптимальной схемы процесса.

ПКБТ может проводить оценку производительности системы любой структуры, если есть данные о производительности входящих в состав процесса операций. Как уже отмечалось, подобное исследование можно провести, используя существующие методики, но для структур, содержащих большое количество элементов с нелинейными связями, сложность использования любых аналитических методов непропорционально вырастает, а их точность снижается.

В основе работы ПКБТ лежит специальный алгоритм оценки производительности процесса, который был нами подробно описан в [Артамонов, 2014]:

1. Анализ структуры процесса и выявление его операций.

2. Построение схемы процесса в терминах цветных сетей Петри в ПО CPN Tools (определение наборов цветов, позиций и переходов, входных данных, описание переменных и функций). Важнейшей и отличительной задачей этого этапа является определение на схеме временных меток данных и скорости работы операций (рис. 1).

3. Создание нового эксперимента в ПКБТ: загрузка файла с моделью процесса, определение количества внутренних запусков, приблизительного количества срабатываний переходов до завершения имитации, задание типа задачи оценки производительности.

4. Проведение имитационного эксперимента.

5. Анализ результатов.

Если за один имитационный прогон цели оценки не достигаются, то в модель процесса вносятся изменения и все этапы повторяются. Предполагается, что верификация модели проводится экспертом в процессе ее разработки.

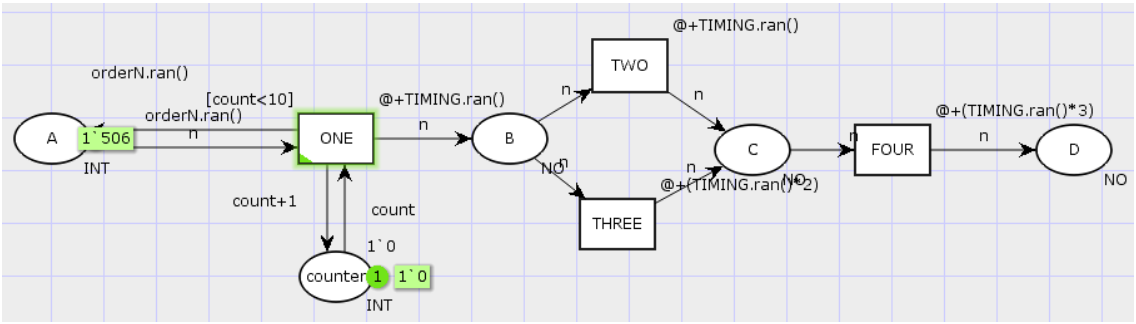


Рис. 1. Модель процесса
Fig.1. Process model

В качестве индикаторов производительности используются показатели, представленные в [Артамонов, 2018]. Структура ПКБТ описана в [Артамонов, 2014].

Результатом работы ПКБТ является аналитическая справка, описывающая уровень производительности процесса.

Рассмотрим примеры результатов эксперимента над простой моделью процесса, представленной на рис. 1. Схема обработки ресурсов линейна, за исключением двух подпроцессов TWO и THREE, которые принимают ресурсы из B и передают результаты работы в C, имитируя таким образом два параллельных агрегата или работника. Для упрощения схемы время задержки каждой операции выбирается случайным образом.

Вывод результатов о производительности в целом отображается в виде таблицы. На рис. 2 показано, как выглядит отчет по времени выполнения процесса в некоторых условных единицах. Под условной единицей времени может пониматься любой временной промежуток, который нужен исследователю. Например, видно, что медианное значение времени выполнения процесса – 238 условных единиц.

Вторая часть общей справки описывает загруженность отдельных операций. Метрика загруженности, превышающая 1, сигнализирует о том, что под-процесс не справляется с возложенной на него работой и создает эффект «бутылочного горлышка». Дополнительно дается информация о количестве операций, которое выполнил каждый под-процесс в процессе эксперимента.

Время работы процесса целиком

Среднее время	Наиболее вероятное	Минимальное	Максимальное
235.34	238.5	127	294

Загруженность переходов

Переход	Эффективность	Загруженность	Мин. кол. операций	Макс. кол. операций
ONE	0.50	0.33	10	10
TWO	0.21	0.17	2	2
THREE	0.19	0.16	1	1
FOUR	0.50	0.33	10	10

Рис. 2. Результаты анализа бизнес-процесса в целом
Fig.2. General results of a business process analysis

А итоги оценки производительности по отдельным операциям представляются в виде информации по ее переходу сети Петри и относящимся к ним позициям (рис. 2). Фактор пропускной способности показывает, как долго входящие ресурсы ожидали обработки, а время данных в позициях показывает насколько долго заявки находились в

системе до прибытия на позицию. Например, можно увидеть, что заявка доходит до подпроцесса D в среднем за 278 условных единиц времени.

Загруженность операций процесса легко отследить визуально с помощью специальных графиков (рис. 4).

Пропускная способность позиций (время ожидания обработки)

Позиция	Среднее время	Минимальное время	Максимальное время
A	216.10	105	278
B	46.34	1	99
C	71.59	1	186
D	103.59	1	236
counter	216.10	105	278

Время данных в позициях (по данным в метках)

Позиция	Среднее время	Минимальное время	Максимальное время
B	70.42	10	100
C	156.09	29	294
D	277.63	94	568

Рис. 3. Таблица показателей производительности отдельных операций
Fig. 3. Throughput indicators of particular operations

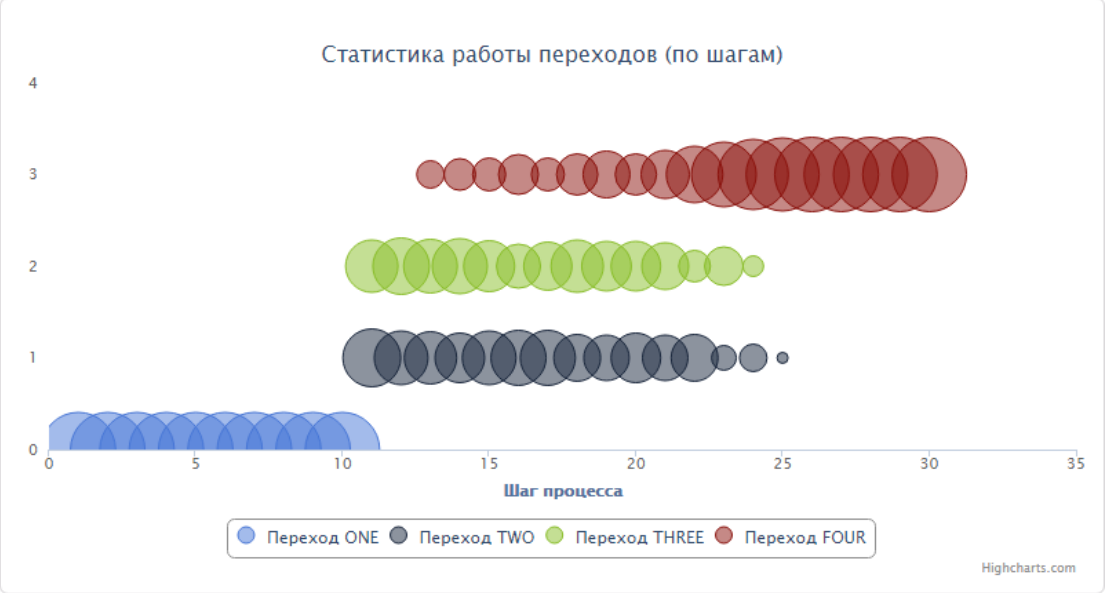


Рис. 4. Визуализация загруженности операций процесса
Fig. 4. Operations workload visualization

Заключение

Основные преимущества ПКБТ как системы анализа производительности бизнес-процессов перед распространенными средствами имитационного моделирования широкого профиля описаны нами в [Артамонов, 2014] и являются:

1. Работа с моделями бизнес-процессов. Цветные сети Петри позволяют строить схемы бизнес-процессов любой сложности, добавляя к ним временные метки, стохастические параметры, условные выражения, циклы т.е., в общем говоря, любую необходимую алгоритмическую логику.

2. Работа со сложными наборами данных. Обычно средства имитационного моделирования общего профиля оперируют только с простыми числовыми сигналами, и только небольшая часть подобных программ поддерживает эксперименты для нескольких

простых сигналов параллельно. А ПКБТ реализует возможности цветных сетей Петри и ПО CPN Tools, которые могут оперировать сложными наборами данных («цветами»).

3. Сложность модели ограничена только задачами исследователя. ПО CPN Tools, которое используется в качестве ядра симуляции, кроме собственно работы со схемой процесса, позволяет определять в модели точки вызова любых других программ, то есть, например, во время имитации вызывать микросервисы или функции из API существующих на предприятии ИС. Так можно привлекать в исследование производительности даже людей, тестируя ручные операции, человеческий фактор и таким образом обходя ограничение, описанное в [Aalst, 2015].

Единственный недостаток ПКБТ является продолжением его достоинств: исследователь должен владеть инструментом графического моделирования CPN Tools и знать особенности цветных сетей Петри. Однако их изучение для, например, разработчиков бизнес-процессов может быть легче и проще, чем изучение и применение сложных формальных методов анализа производительности.

Список литературы

1. Артамонов И.В. 2013. Использование окрашенных сетей Петри для моделирования бизнес-транзакций в сервис-ориентированной среде. Известия Иркутской государственной экономической академии (БГУЭП), 5: 25–25.

2. Артамонов И.В. 2014. Программный комплекс анализа надежности бизнес-транзакции. Информационные системы и технологии, 5 (85): 5–13.

3. Артамонов И.В. 2018. Показатели производительности бизнес-процесса. Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика, 1: 43–50.

4. Балашова Н.В., Репина П.В. 2011. Опыт внедрения сбалансированной системы показателей. Baikal Research Journal, 6: 45.

5. Грибанова Н.Н., Шуплецов А.Ф. 2017. Особенности планирования и прогнозирования компаний на основе информационных моделей. Baikal Research Journal, 8 (3): 8–16.

6. Радостева М.В. 2018. К вопросу о производительности труда. Научные ведомости БелГУ, Серия Экономика. Информатика, 2 (45): 268–272.

7. Соколова Л.Г. 2003. Генезис категории «Производительность». Известия Байкальского государственного университета, 3 (36): 52–55.

8. Aalst W.M.P. van der. 2011. Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. Springer, 2011, 352.

9. Aalst W.M.P. van der. 2015. Business Process Simulation Survival Guide. Jan vom Brocke, Michael Rosemann. Handbook on Business Process Management. Berlin, Springer-Verlag: 337–370.

10. Aguilar M., Rautert T., Pater A. 1999. Business process simulation: a fundamental step supporting process centered management. Proceedings of the 31st conference on Winter simulation: 1383–1392.

11. Al-Jaar R., Desrochers A. 1990. Performance evaluation of automated manufacturing systems using generalized stochastic Petri. International Conference on Complex Systems and Applications, 6: 621–639.

12. Al-Jaar R., Desrochers A., DiCesar F. 1988. Evaluation of part-type mix for a machining workstation using generalized stochastic Petri nets. Proceedings of the 27th IEEE Conference on Decision and Control, Austin, 2307–2313.

13. Alkhaldi F., Olaimat M., Rashed A. 2008. The Role of Simulation in Business Process Reengineering. Asim El Sehikh, Abid Al Ajeeli, Evon M. Abu-Taieh. Simulation and Modeling. IGI Publishing: 359–390.

14. Brocke J. vom, Rosemann M. 2010. Handbook on Business Process Management 2. Springer, 616.

15. Cardoso J. 2002. Quality of Service and Semantic Composition of Workflows. Athens, 216.

16. Chryssolouris G. 2005. Manufacturing Systems: Theory and Practice. Springer, 606.

17. D'Souzaa K., Khator S. 1994. A survey of Petri net applications in modeling controls for automated manufacturing systems. Systems, Man, and Cybernetics, 2000 IEEE International Conference, 4: 5–16.

18. Dumke R., Rautenstrauch C., Schmietendorf A., Scholz A. 2001. Aspects of Performance Engineering – An Overview. Performance Engineering: State of the Art and Current Trends. Magdeburg, 8–16.

19. Heckl D., Moorman J. 2010. Process Performance Management. Jan vom Brocke, Michael Rosemann. Handbook on business process management 2: Strategic alignment, governance, people and culture. Springer: 115–135.

20. Heinrich R. 2013. Aligning business process quality and information system quality. Heidelberg, Heidelberg University: 254.

21. Hosftede A. ter, Dumas M., Aalst W.M.P. van der. 2005. Process-Aware Information Systems: bridging people and software through process technology. John Wiley & Sons, Inc, 409.

22. Jensen K. 2009. Coloured Petri Nets modeling and validation of concurrent systems. Springer, 384.

23. Kasi V., Tang X. 2005. Design Attributes and Performance Outcomes: A Framework for Comparing Business Processes. In (SAIS Eds.): In Proceedings of the 10th Southern Association for Information Systems, 226–232.

24. Lemos R. de, Gacek C., Romanovsky A. 2005. Architecture-Based Reliability Prediction for Service-Oriented Computing. Vincenzo Grassi. Architecting Dependable Systems III. Berlin, Springer: 279–299.

25. Leonides C.T. 1991. Manufacturing and Automation Systems: Techniques and Technologies: Advances in Theory and Applications. Academic Press, 446.

26. Moore K.E., Gupta S.M. 1996. Petri net models of flexible and automated manufacturing systems: a survey. International Journal of Production Research, 34 (11): 3001–3035.

27. Myoung Ko J., Kim C. O., Kwon I 2008. Quality-of-service oriented web service composition algorithm and planning architecture. Journal of Systems and Software, 81 (11): 2079–2090.

28. N. Sato, S. Trivedi. 2007. Stochastic Modeling of Composite Web Services for Closed-Form Analysis of Their Performance and Reliability Bottlenecks. Service-Oriented Computing – ICSOC: 107–118.

29. Saeedi K., Zhao L., Falcone P. 2010. Extending BPMN for Supporting Customer-Facing Service Quality Requirements. 2010 IEEE International Conference on Web Services (ICWS): 616–623.

30. Silver G.A., Maduko A., Rabia J., Amit S., Miller J. A. 2003. Modeling and Simulation of Quality of Service for Composite Web Services. 7th World Multiconference on Systemics, Cybernetics, and Informatics: 420–425.

31. Strunk A. 2010. An Algorithm to Predict the QoS-Reliability of Service Compositions. 6th World Congress on Services (SERVICES-1): 205–212.

32. Viswanadham N., Srinivasa N.R.. 2000. Performance analysis and design of supply chains: a Petri net approach. Journal of the Operational Research Society, 51 (10): 1158–1169.

33. Workflow Management Coalition. 1999. Workflow Management Coalition Terminology & Glossary. Issue 3.0, 65.

34. Yang L., Yu D., Zhang B. 2008. Reliability Oriented QoS Driven Composite Service Selection Based on Performance Prediction. The 20-th International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering: 215–218.

35. Zuberek W.M., Kubiak W. 1994. Throughput analysis of manufacturing cells using timed Petri nets. Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 1328–1333.

References

1. Artamonov I.V. 2013. Using Coloured Petri Nets to model busines transactions in a service-oriented environment. Bulletin of Baikal State University, 5: 25–25. (in Russian).

2. Artamonov I.V. 2014. A software package for the analysis of business transactions' reliability. Information Systems and Technologies, 5 (85): 5–13. (in Russian).

3. Artamonov I.V. 2018. Business Process Throughput Metrics. Vestnik Of Astrakhan State Technical University. Series: Economics, 1: 43–50. (in Russian).

4. Balashova N.V., Repina P.V. 2011. Introduction of balanced scorecard. Baikal Research Journal, 6: 45. (in Russian).

5. Gribanova N.N, Shupletsov A.F. 2017. Features of corporate planning and forecasting on the basis of information models. Baikal Research Journal, 8 (3): 8–16. (in Russian).

6. Radosteva M.V. 2018. On the question of labor productivity. Belgorod State University Scientific Bulletin, Economics. Computer Science, 2 (45): 268–272. (in Russian).

7. Sokolova L.G. 2003. Genesis of "Productivity" category. Bulletin of Baikal State Uni-versity, 3 (36): 52–55. (in Russian).

8. Aalst W.M.P. van der. 2011. Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. Springer, 2011, 352.

9. Aalst W.M.P. van der. 2015. Business Process Simulation Survival Guide. Jan vom Brocke, Michael Rosemann. Handbook on Business Process Management. Berlin, Springer-Verlag: 337–370.

10. Aguilar M., Rautert T., Pater A. 1999. Business process simulation: a fundamental step supporting process centered management. Proceedings of the 31st conference on Winter simulation: 1383–1392.

11. Al-Jaar R., Desrochers A. 1990. Performance evaluation of automated manufacturing systems using generalized stochastic Petri. International Conference on Complex Systems and Applications, 6: 621–639.

12. Al-Jaar R., Desrochers A., DiCesar F. 1988. Evaluation of part-type mix for a machining workstation using generalized stochastic Petri nets. Proceedings of the 27th IEEE Conference on Decision and Control, Austin, 2307–2313.

13. Alkhaldi F., Olaimat M., Rashed A. 2008. The Role of Simulation in Business Process Reengineering. Asim El Sehikh, Abid Al Ajeeli, Evon M. Abu-Taieh. Simulation and Modeling. IGI Publishing: 359–390.

14. Brocke J. vom, Rosemann M. 2010. Handbook on Business Process Management 2. Springer, 616.

15. Cardoso J. 2002. Quality of Service and Semantic Composition of Workflows. Athens, 216.

16. Chryssolouris G. 2005. Manufacturing Systems: Theory and Practice. Springer, 606.

17. D'Souzaa K., Khator S. 1994. A survey of Petri net applications in modeling controls for automated manufacturing systems. Systems, Man, and Cybernetics, 2000 IEEE International Conference, 4: 5–16.

18. Dumke R., Rautenstrauch C., Schmietendorf A., Scholz A. 2001. Aspects of Performance Engineering – An Overview. Performance Engineering: State of the Art and Current Trends. Magdeburg, 8–16.

19. Heckl D., Moorman J. 2010. Process Performance Management. Jan vom Brocke, Michael Rosemann. Handbook on business process management 2: Strategic alignment, governance, people and culture. Springer: 115–135.

20. Heinrich R. 2013. Aligning business process quality and information system quality. Heidelberg, Heidelberg University: 254.

21. Hosftede A. ter, Dumas M., Aalst W.M.P. van der. 2005. Process-Aware Information Systems: bridging people and software through process technology. John Wiley & Sons, Inc, 409.

22. Jensen K. 2009. Coloured Petri Nets modeling and validation of concurrent systems. Springer, 384.

23. Kasi V., Tang X. 2005. Design Attributes and Performance Outcomes: A Framework for Comparing Business Processes. In (SAIS Eds.): In Proceedings of the 10th Southern Association for Information Systems, 226–232.

24. Lemos R. de, Gacek C., Romanovsky A. 2005. Architecture-Based Reliability Prediction for Service-Oriented Computing. Vincenzo Grassi. Architecting Dependable Systems III. Berlin, Springer: 279–299.

25. Leonides C. T. 1991. Manufacturing and Automation Systems: Techniques and Technologies: Advances in Theory and Applications. Academic Press, 446.

26. Moore K.E., Gupta S.M. 1996. Petri net models of flexible and automated manufacturing systems: a survey. International Journal of Production Research, 34 (11): 3001–3035.

27. Myoung Ko J., Kim C. O., Kwon I 2008. Quality-of-service oriented web service composition algorithm and planning architecture. Journal of Systems and Software, 81 (11): 2079–2090.

28. N. Sato, S. Trivedi. 2007. Stochastic Modeling of Composite Web Services for Closed-Form Analysis of Their Performance and Reliability Bottlenecks. Service-Oriented Computing – ICSOC: 107–118.

29. Saeedi K., Zhao L., Falcone P. 2010. Extending BPMN for Supporting Customer-Facing Service Quality Requirements. 2010 IEEE International Conference on Web Services (ICWS): 616–623.

30. Silver G. A., Maduko A., Rabia J., Amit S., Miller J. A. 2003. Modeling and Simulation of Quality of Service for Composite Web Services. 7th World Multiconference on Systemics, Cybernetics, and Informatics: 420–425.

31. Strunk A. 2010. An Algorithm to Predict the QoS-Reliability of Service Compositions. 6th World Congress on Services (SERVICES-1): 205–212.

32. Viswanadham N., Srinivasa N.R.. 2000. Performance analysis and design of supply chains: a Petri net approach. Journal of the Operational Research Society, 51 (10): 1158–1169.

33. Workflow Management Coalition. 1999. Workflow Management Coalition Terminology & Glossary. Issue 3.0, 65.

34. Yang L., Yu D., Zhang B. 2008. Reliability Oriented QoS Driven Composite Service Selection Based on Performance Prediction. The 20-th International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering: 215–218.

35. Zuberek W.M., Kubiak W. 1994. Throughput analysis of manufacturing cells using timed Petri nets. Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 1328–1333.

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Артамонов И.В. 2020. Основанное на CPN-Tools ПО для анализа производительности бизнес-процессов. Экономика. Информатика. 47 (1): 176–185. DOI:

Artamonov I.V. 2020. CPN-based simulation software for business process throughput analysis. Economics. Information technologies. 47 (1): 176–185 (in Russian). DOI:

УДК 001.51; 005
DOI

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

INFORMATION SYSTEM FOR LABORATORY RESEARCHES OF FOOD PRODUCTS

Н.М. Белецкая, А.С. Головкова
N.M. Beletskaya, A.S. Golovkova

Белгородский университет кооперации, экономики и права,
Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116а

Belgorod University of cooperation, Economics and law,
116A Sadovaya St, Belgorod, 308023, Russia

E-mail: beletskayanm@bukep.ru, agolovkova@list.ru

Аннотация
Анализ рынка программных продуктов показал, что автоматизация лабораторий, осуществляющих анализы пищевых продуктов на крупных пищевых предприятиях, в том числе испытательных лабораториях Роспотребнадзора, не существует, а предлагаемые варианты автоматизации расчетов лабораторных исследований с помощью информационных систем ориентированы на другие виды продукции. В рамках данной статьи, с учетом трудоемкости расчетов лабораторных исследований при выпуске продукции, разработана информационная система для автоматизации работы лаборатории, позволяющая отразить в информационной системе предприятия актуальную информацию по новой продукции, готовой к производству по новой рецептуре, автоматического расчета энергетической ценности, выхода сухого вещества по исследуемой продукции. Предлагаемый проект информационной системы для автоматизации расчетных данных лабораторных исследований включает проектирование информационной системы в виде контекстной диаграммы верхнего уровня IDEF0-модели и ее декомпозиции, а также моделирования отдельных процессов на нижнем уровне в нотации «Процедура» и разработку объектов метаданных.

Abstract
Market analysis software showed that the automation of laboratories carrying out analyses of food products for major food companies, including testing laboratories of Rospotrebnadzor, does not exist, and suggested options automation laboratory studies using information systems, focused on other types of products. In the framework of this article, taking into account the complexity of calculations of laboratory studies in the production of products, an information system for automation of the laboratory, which allows to reflect in the information system of the enterprise relevant information on new products ready for production according to a new formulation, automatic calculation of energy value, dry matter yield on the. The proposed project of information system for automation of the design data of laboratory research includes designing an information system in context diagram top-level IDEF0 model and its decomposition, and simulation of individual processes at a lower level in the notation of the Procedure and the development of metadata objects.

Ключевые слова: методология IDEF0, нотация «Процедура», спецификация продукта.
Keywords: methodology IDEF0, notation "Procedure", product specification.

Введение

В последнее время характеристике потребительских свойств продовольственных товаров уделяется большое внимание. Действующая нормативно-техническая документация на пищевые продукты требует полной информации об их свойствах, составе сырья,

содержании основных питательных веществах на маркировке, наносимой на упаковку изделий [Теплов, 2017]. В связи с этим работы пищевых лабораторий по исследованию товароведных свойств отечественных и импортных продуктов, разработка их рецептуры и технологии производства различных изделий являются весьма актуальными.

В условиях импортозамещения быстрое развитие получило производство отечественных смесей, улучшителей, витаминно-минеральных комплексов для хлебопекарного и кондитерского производства. Примером такого отечественного производителя, успешно работающего на рынке не только Белгородской области, но и страны, является ООО «Промавтоматика» (г. Белгород). Изучая деятельность этого предприятия, изготавливающего широкий ассортимент улучшителей, смесей и компонентов для хлебопекарного и кондитерского производства, а также биологически активных добавок (БАД) и витаминно-минеральных комплексов, разрабатывающего рецептуры новых видов хлебобулочных и кондитерских изделий, выявили потребность этого предприятия в автоматизации деятельности производственной лаборатории, осуществляющей разработку и контроль за качеством и составом всей выпускаемой продукции. Кроме того, регулярный контроль за качеством, безопасностью и регламентом производства продукции осуществляют органы Роспотребнадзора. Именно поэтому для обеспечения эффективной работы пищевой лаборатории важной становится задача его информационного обслуживания [Заболотная, 2015].

В настоящее время автоматизация работы пищевых лабораторий выполняется путем внедрения решений на основе электронных таблиц. Однако такой способ автоматизации обработки данных лабораторных исследований может быть наиболее оптимальным для небольших лабораторий пищевой продукции. Существенный недостаток такого подхода – исключение интегрированной базы данных предприятия и автоматическое формирование по результатам лабораторного исследования соответствующих документов [Волкова и др., 2015]. Таким образом, в настоящий момент ни одна типовая конфигурация 1С не имеет типового блока пищевой лаборатории. Правильно разработанная информационная система позволяет существенно упростить работу лабораторий, автоматизировать выполнение большинства расчетов, формализовать ввод, унифицировать исходные формы документов. При проектировании информационной системы для расчетов лабораторных исследований пищевой продукции использовался системный подход, или автоматизация «сверху-вниз» [Жихарев и др., 2013; Маторин и др., 2017].

Актуальность и значимость разработки информационной системы для работы пищевой лаборатории заключаются в решении задач, которые обеспечат автоматизацию расчетных данных при исследовании выпущенной продукции, что напрямую будет способствовать производительности работы специалистов лаборатории и обеспечению достоверной информации о пищевом продукте.

Методы исследования

Методы исследования применялись адекватно поставленным задачам. В целом исследование строилось на эвристических методах, которые базируются на алгоритмических предписаниях. Основным применяемым эвристическим методом является опытно-статистический.

Результаты исследования

В настоящий момент ни одна типовая конфигурация 1С не имеет типового блока лаборатории для промышленного предприятия [Смалина, 2016]. Таким образом, из-за отсутствия блока автоматизации лаборатории в информационной системе предприятия, расчеты лабораторных исследований при выпуске продукции выполнялись вручную, что вело к значительным погрешностям при расчетах и неэффективному расходу отдельных видов сырья и полуфабрикатов, необходимых для приготовления готовых изделий.

Разработанную информационную модель для расчетов лабораторных исследований при выпуске пищевой продукции предлагается встроить в программу «1С:Управление нашей фирмой 8.3». Программный продукт «1С:Управление нашей фирмой 8» (1С:УНФ) предназначен для автоматизации оперативного управления предприятиями пищевой промышленности [Головкова и др., 2016].

Проектирование информационной системы для расчетов лабораторных исследований пищевой продукции основано на классическом системном анализе и процессно-ориентировано. Функциональное моделирование с применением стандарта IDEF0 является классическим, широко известной методологией в области проектирования информационных систем, используемой на протяжении длительного времени и достаточно «зрелой» [Колос и др., 2019].

Ограниченная функциональность порождает проблемы, которые требуется решить в момент функционального моделирования. Проектирование информационной системы для расчетов лабораторных исследований необходимо, чтобы бизнес-процессы были максимально ориентированы на эффективность деятельности предприятия, в данном конкретном случае – на производительность работы предприятий пищевой промышленности [Головкова и др., 2013; Безматерных, 2017].

Опытный пример для проектирования информационной системы представлен для ООО «Промавтоматика». В организационной структуре рассматриваемого предприятия важную роль играет пищевая лаборатория предприятия, которая входит в производственный контур. Основным бизнес-процессом предприятия является производство смесей и компонентов для хлебопекарного и кондитерского производства и, следовательно, лабораторные исследования при выпуске этой продукции входят в основной бизнес-процесс и генерируют доходы предприятия.

IDEF0-модель информационной системы для лабораторных исследований пищевой продукции представлена на рисунке 1.

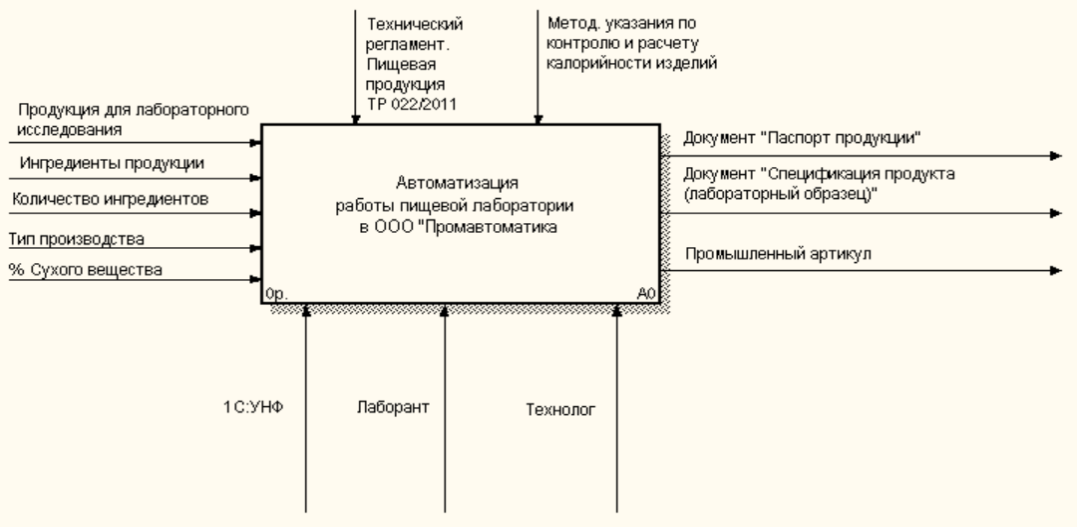


Рис. 1. IDEF0-модель информационной системы для лабораторных исследований пищевой продукции

Fig. 1. IDEF0-information system model for laboratory research of food products

Основным этапом при проектировании информационной системы является определение внешних входов и выходов организации. Входящие информационные потоки подвергаются обработке для получения выходных информационных потоков [Зимовец и др., 2014]. Входящие информационные потоки рассматриваемой информационной системы составляют:

- продукция для лабораторного исследования;
- ингредиенты продукции;

- количество ингредиентов;
- тип производства;
- % сухого вещества.

Выходящие информационные потоки системы, которые являются результатной информацией, составляют:

- документ «Паспорт продукции»;
- документ «Спецификация продукта (лабораторный образец)»;
- промышленный артикул.

Управляющее воздействие влияет на работу, но не преобразуется ею и в нашем случае являются:

- технический регламент. Пищевая продукция ТР 022/2011;
- методические указания по контролю и расчету калорийности изделий.

Механизм – это ресурсы, которые выполняют работу:

- лаборант;
- технолог;
- программа «1С: Управление нашей фирмой», в которой будут проходить расчеты лабораторных исследованиях при выпуске продукции.

На первом уровне контекстной диаграммы выполняются процессы:

- расчет содержания белков, жиров и углеводов (БЖУ) на 100 г продукта;
- расчет энергетической ценности;
- расчет сухих веществ в продукции;
- формирование документов и артикула (рис. 2).

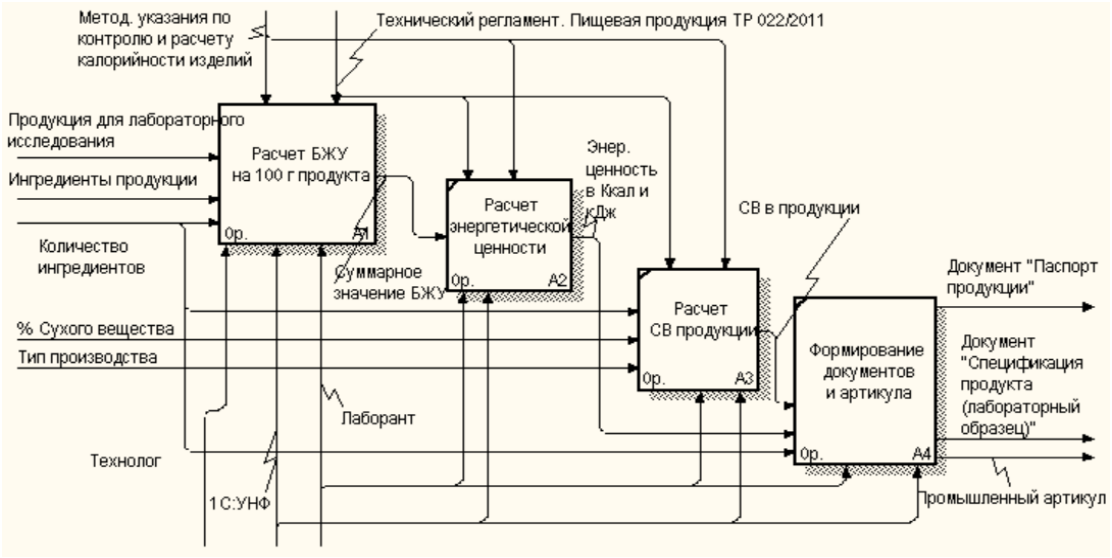


Рис. 2. Декомпозиция IDEF0-модели информационной системы для лабораторных исследований пищевой продукции

Fig. 2. Decomposition of IDEF0-information system model for laboratory research of food products

Главное требование при проектировании информационной системы – системная целостность. Каждое изменение элемента модели требует перепроверки и согласования как «сверху-вниз», так и «снизу-вверх» [Маторин и др., 2005; Маторин и др., 2016].

Сервис-ориентированный подход к построению диаграммы процесса А4 «Формирование документов и артикула» в нотации «Процедура» представлен на рисунке 3 [Головкова, 2015].

В процессе А4 «Формирование документов и артикула» участвуют следующие должностные лица:

- технолог;
- лаборант.

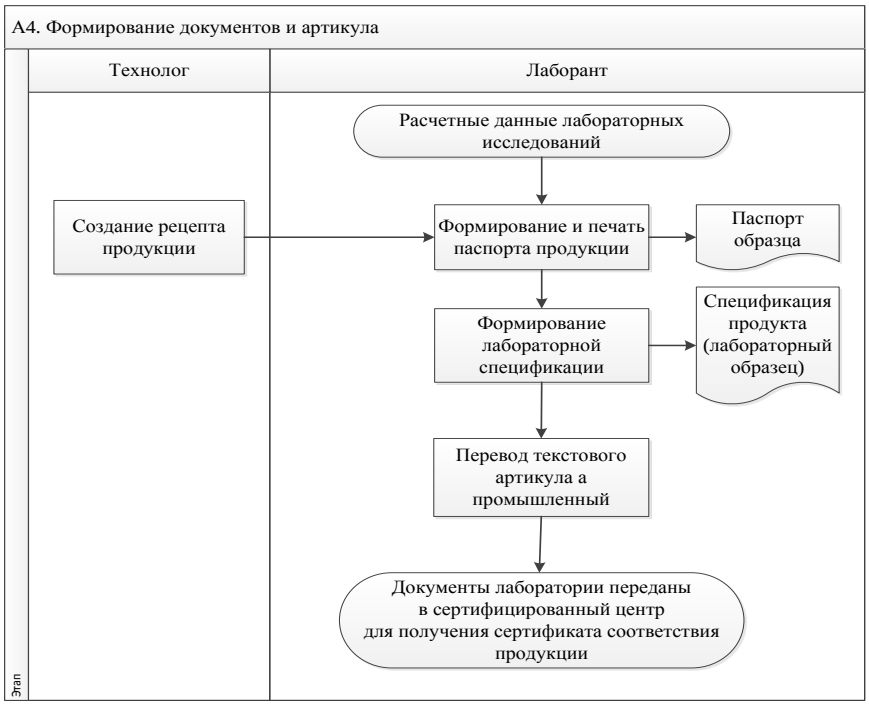


Рис. 3. Диаграмма процесса А4 «Формирование документов и артикула»
Fig. 3. A4 process diagram «Creating documents and articles»

Процесс начинается с события «Расчетные данные лабораторных исследований». Для формирования документа «Паспорт продукции» предоставляются следующие расчетные данные:

− тип производства, чтобы рассчитать потери на оборудование: неасептика – 1,6 %, асептика – 10 %;

− энергетическая ценность в Ккал и кДж;

− содержание сухого вещества в продукции в % [Белецкая и др., 2015; ГОСТ Р 54762, 2012].

Технолог разрабатывает рецептуры кондитерских изделий – количественный расход отдельных ингредиентов, необходимых для приготовления готовой продукции.

При получении всех необходимых показателей формируются документы пищевой лаборатории ООО «Промавтоматика»:

− документ «Паспорт продукции»;

− документ «Спецификация продукта (лабораторный образец)».

После формирования лабораторной спецификации система переводит экспериментальный артикул в промышленный артикул, то есть допущенный для производства.

Программное обеспечение для автоматизации расчетных данных лабораторных исследований при выпуске продукции представлено в виде разработки следующих объектов метаданных:

− документ «Образец»;

− спецификация (рецептура) продукции, заполняемая программно на основании данных разработанного документа «Образец»;

− печатная форма документа «Паспорт образца»;

− печатная форма документа «Спецификация образца».

В результате реализации спроектированной информационной системы для расчетов лабораторных исследований при выпуске пищевой продукции формируется печатная форма документа «Образец» (рис. 4).

Паспорт образца

Основные данные

Номер	367	**Дата**	16.05.2019
Исходящий номер ОП	706		
Входящий номер ЭЛ	9		
Продукция	Белогель-суфле		
Артикул	ПБ-483		
№ спецификации	329		
Контрагент	Дело вкуса		
Фасовка	5 кг		

Показатели

Тип производства	Неасептика		
ТУ/ГОСТ	ТУ 9130-004-74166621-2015		
Рекомендуемая дозировка,%	85%		
Размер кусочка в продукте, мм	от 1мм до 5мм	pH	-
Массовая доля растворимых СВ	82±1	Вязкость сР (текучесть, мм)	-
Цвет	от коричневого до темно-коричневого № пантона от 4625С до 476С		
Упаковка	Короб		
Назначение	Кондитерское производство		

№	Ингредиент / примечание	Характеристика	Количество, кг	Потери на оборудование в %		СВ	
				неасептика 1,6 %	асептика 10,00%	%	кг
1	Сахар-песок	просеянный	1,0000	1,02	1,10	98,80	0,99
2	Глюкоза	01924, сухой, Каргилл	0,3500	0,36	0,39	70,00	0,25
3	Яичный белок	0202	0,1850	0,19	0,20	95,00	0,18
4	Лимонная кислота	Е 330, Россия	0,0500	0,05	0,06	99,00	0,05
5	Карбоксиметилцеллюлоза	Akucell AF 3265, Е 466, Швейцария	0,2000	0,20	0,22	97,00	0,19
6	Камедь	Е 418, Гелановая, Китай	0,0600	0,06	0,07	92,00	0,06
7	Ароматизатор Шоколад	3359790, Черный, Фрутаром	0,0100	0,01	0,01	20,00	
Итого:			1,8550	1,89	2,04	-	-
			СВ готового продукта, %				82

Пищевая и энергетическая ценность на 100 г продукта:

Белки, г (в готовом продукте)	Жиры, г (в готовом продукте)	Углеводы, г (в готовом продукте)
0,013000	0,010000	1,020000
Ккал	**кДж**	
4,222000	17,665000	

Ответственный: Гариева А.А.
Менеджер: Акимова Н.Е

Рис. 4. Паспорт образца
Fig. 4. Sample passport

Печатная форма документа «Спецификация продукта» представлена на рисунке 5.

ООО "Промавтоматика"	**ЭЛ 024**
Спецификация продукцта (лабораторный образец)	Спецификация № 00000000367
	от: 16.05.2019

Белогель-суфле

ТУ 9130-004-74166621-2015
Артикул: ПБ-483
Область применения: Кондитерское производство
Состав: Сахар-песок, Глюкоза, Яичный белок, Лимонная кислота, Карбоксиметилцеллюлоза, Камедь, Ароматизатор Шоколад

Описание продукта:
Смесь представляет собой порошок со вкусом, запахом, цветом, свойственными данному наименованию продукта

Рекомендуемая дозировка - 85%

Физико-химические показатели

Масовая доля сухих веществ	pH	Вязкость по Брукфильду, сР / текучесть по Боствику, мм	Углеводы, г	Калорийность, кКал	Пищевая и энергетическая ценность, кДж
	-	-	1,02	4,222	17,665

Упаковка:
ящики из гофрированного картона по 25 кг; емкости из нержавеющей стали (контейнеры) номинальной вместимостью 400дм³, 800дм³

Условия хранения и срок годности:
Температура хранения от 0°С до +25°С и относительной вложности воздуха не боллее 75%

Разработал: Деменко В.М.
Согласовано: Сажнева Е.П.

Рис. 5. Спецификация образца
Fig. 5. Sample specification

Технология выполнения расчетных данных лабораторных исследований при выпуске продукции [ГОСТ Р 50995, 2011] представлена на рисунке 6.

В программном модуле предусмотрена возможность загрузки рецепта по введенной продукции и № спецификации, подготовленные технологом предприятия.

Количество пересчета на 100 грамм автоматически пересчитывается по ингредиентам, входящим в рецепт продукта. Эти данные необходимы для расчета

суммарного количества белков, жиров и углеводов по продукту и расчета энергетической ценности в Ккал и кДж.

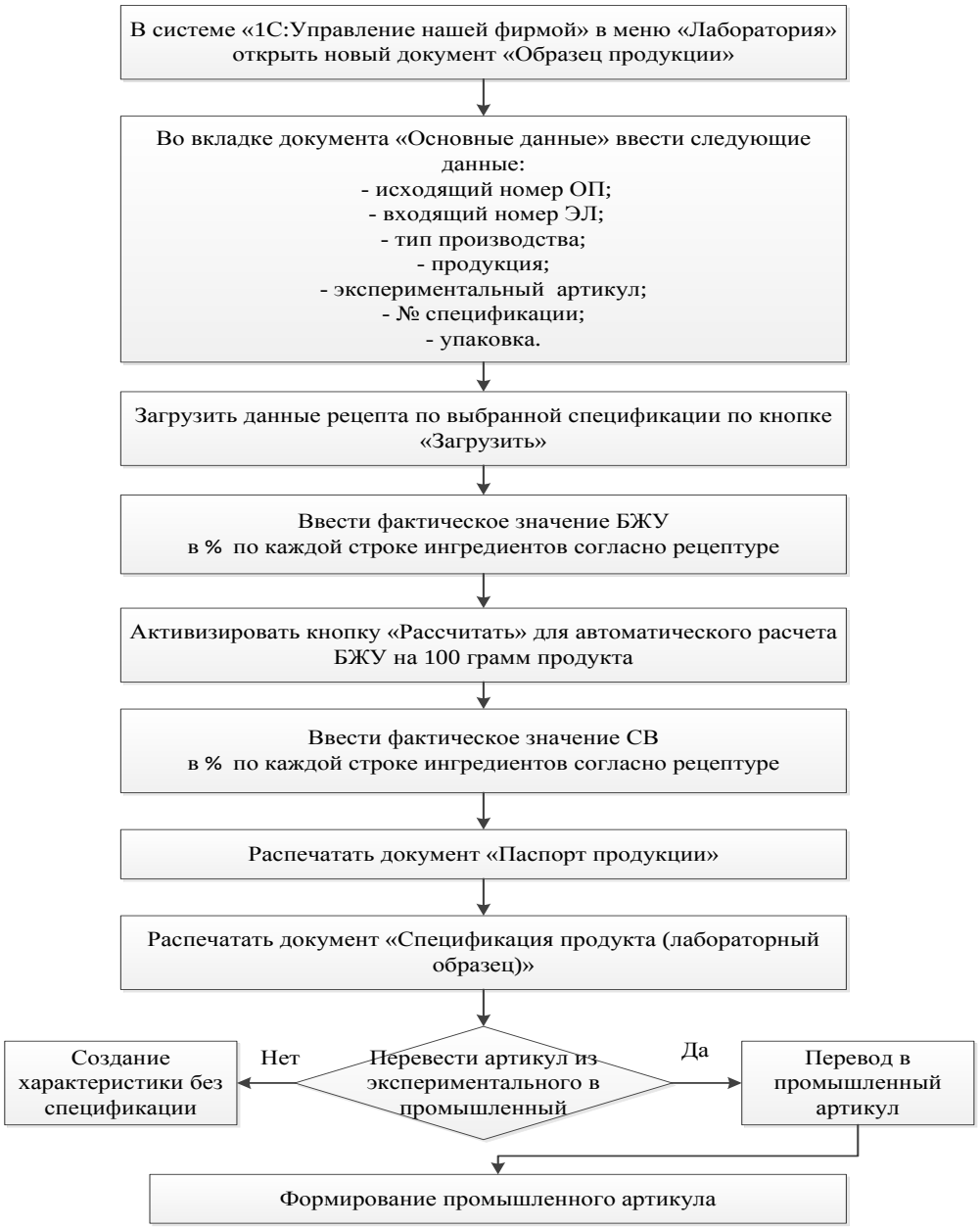


Рис. 6. Технология выполнения расчетных данных лабораторных исследований при выпуске продукции

Fig. 6. Technology for performing calculated data of laboratory studies in the production of products

Программный модуль по прописанному алгоритму рассчитывает выход сухого вещества в килограммах.

Диаграмма процесса А3 «Формирование документов и артикула» включает процедуру – перевод текстового артикула в промышленный. При создании документа «Образец» оператор указывает строковое наименование будущего артикула, то есть как он будет называться в справочнике «Номенклатура». После формирования лабораторной спецификации система из экспериментального артикула переводит в промышленный артикул, то есть допущенный для производства.

Заключение

Реализация разработанной информационной системы для расчетов лабораторных исследований при выпуске пищевой продукции обеспечит следующие возможности:

− автоматический расчет содержания белков, жиров и углеводов по всем ингредиентам, входящим в состав изделия, энергетической ценности и выхода сухого вещества по исследуемой продукции;

− автоматизация процесса создания в системе новых артикулов продукции с новой рецептурой.

− формирование паспорта и спецификации образца на основании данных документа, а не на основе данных Excel, которые можно вести бесконтрольно;

− снижение количества ошибок лаборантов и повышение производительности работы специалистов пищевой лаборатории.

Предлагаемые мероприятия в рамках проектирования информационной системы для лабораторных исследований позволят сократить временные и трудовые затраты на проведение расчетов, повысят достоверность информации о продукте, а также оперативность подготовки пакета документов на выпускаемую продукцию, что, в свою очередь, будет способствовать минимизации упущенных продаж, увеличению выручки от продукции улучшенного качества.

При этом сотрудники лаборатории смогут оперативно вносить в информационную систему данные об артикулах продукции, которые прошли испытания, и передавать их в промышленную эксплуатацию, автоматически формируя для них новый артикул и спецификацию.

Список литературы

1. Безматерных В.Н., Алексеев П.В., Чернавский Д.С., Виноград Э.Г. 2017. Что такое системный подход? Зачем он нужен? О системном подходе. URL: https://files.scienceforum.ru/pdf/2017/31116.pdf (дата обращения: 13 ноября 2019).

2. Белецкая Н.М., Удалова Л.П., Пашенцева Л.П. 2015. Разработка новых видов хлебобулочных изделий с плодоовощными порошками. Материалы международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов «Инновационное развитие экономики: реалии и перспективы», ч. 2. Белгород: Издательство Белгородского университета кооперации, экономики и права, 491–498.

3. Волкова В.Н., Денисов А.А. 2015. Теория систем и системный анализ. 2-е изд., перераб. и доп. М., Издательство Юрайт, 616.

4. Головкова А.С., Куртов Н.Н. 2013. Моделирование бизнес-процессов и информационных систем. Белгород, Издательство Белгородского университета кооперации, экономики и права, 155.

5. Головкова А.С., Шушляпина Г.Г. 2016. Процессный подход к управлению деятельностью предприятия. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 1 (57): 177–184.

6. Головкова А.С., Чеглаков А.Л. 2015. Сервис-ориентированный подход к построению распределенной системы компьютерного моделирования. Сборник статей международной научно-практической конференции «Инновационное развитие: ключевые проблемы и решения», г. Казань, 8 (151): 137–146.

7. ГОСТ Р 54762. 2012. Программы предварительных требований по безопасности пищевой продукции. Часть 1. Производство пищевой продукции

8. ГОСТ Р 50995.0.1-96. 2011. Технологическое обеспечение создания продукции.

9. Жихарев А.Г., Маторин С.И., Маматов Е.М., Смородина Н.Н. 2013. О системно-объектном методе представления организационных знаний. Научные ведомости БелГУ. История. Политология. Экономика. Информатика. 8 (151): 137–146.

10. Заболотная Н.В. 2015. Необходимость использования автоматизированных систем обработки данных для управления бизнес-процессами предприятия. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 1(53): 169–173.

11. Зимовец О.А., Маторин С.И., Цоцорина Н.В. Гуль С.В. 2014. Исчисление функций – алгебраический аппарат процессного подхода. Научные ведомости БелГУ. История. Политология. Экономика. Информатика. 21 (192): 154–161.

12. Колос Н.В., Головкова А.С., Дмитриева Ю.В. 2019. Проектирование архитектуры модели бизнес-процессов подразделения образовательного учреждения на основе процессного подхода. Белгород, Издательство Эпицентр, 163.

13. Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зимовец О.А. 2017. Обоснование взаимосвязей общесистемных принципов и закономерностей с позиции системно-объектного подхода. Труды Института системного анализа РАН. 67 (3): 54–63.

14. Маторин С.И., Зимовец О.А., Жихарев А.Г. 2016. Общесистемные принципы в терминах системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект». Труды Института системного анализа РАН. 1 (66): 10–17.

15. Маторин С.И., Попов А.С., Маторин В.С. 2005. Моделирование организационных систем в свете нового подхода «Узел-Функция-Объект». Научно-техническая информация. Сер. 2. 1: 1–8.

16. Смалина Н.В. 2016. Автоматизация деятельности кондитерского производства с использованием 1С:Предприятия 8. URL: http://rostjournal.ru/?p=163#more-163 (дата обращения: 13 ноября 2019).

17. Теплов В.И., Боряев В.Е. 2017. Физиология питания. М., Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 455.

18. Baader F., Calvanese D., McGuinness L., Nardi D. Patel-Schneider P.F. 2003. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications. Cambridge University Press: 576.

19. Schmidt-Schauss M., Smolka G. 1991. Attributive concept descriptions with complements. Artificial Intelligence. 48 (1): 1–26.

References

1. Bezmaternyh V.N., Alekseev P.V., Chernavskij D.S., Vinograj Je.G. 2017. Chto takoe sistemnyj podhod? Zachem on nuzhen? O sistemnom podhode [What is a systematic approach? Why is it needed? O systematic approach]. Available at: https://files.scienceforum.ru/pdf/2017/31116.pdf (accessed: 13 November 2019). (in Russian).

2. Beletskaya N.M., Udalova L.P., Pashentseva L.P. 2015. Development of new types of bakery products with fruit and vegetable powders. Materials of the international scientific and practical conference of faculty and graduate students "Innovative development of the economy: realities and prospects", part 2. Belgorod: Belgorod University of cooperation, Economics and law Press, 491–498. (in Russian).

3. Volkova V.N., Denisov A.A. 2015. Teorija sistem i sistemnyj analiz: uchebnik dlja akademicheskogo bakalavriata 2-e izd., pererab. i dop. [System Theory and Systems Analysis: A Textbook for Academic Baccalaureate]. M.,Izdatel'stvo Jurajt, 616. (in Russian).

4. Golovkova A.S., Kurtov N.N. 2013. Modeling of business processes and information systems: tutorial. Belgorod, Publishing house of Belgorod University of cooperation, Economics and law, 155. (in Russian).

5. Golovkova A.S., Shushlyapina G.G. 2016. Process approach to enterprise activity management. Bulletin of Belgorod University of cooperation, Economics and law. 1 (57): 177–184. (in Russian).

6. Golovkova A.S., Cheglakov A.L. 2015. Service-oriented approach to the construction of a distributed computer modeling system. Collection of articles of the international scientific and practical conference "Innovative development: key problems and solutions". Kazan, 8 (151): 137–146. (in Russian).

7. GOST R 54762. 2012. Program prerequisites for food safety. Part 1. Food production. (in Russian).

8. GOST R 50995.0.1-96. 2011. Technological support of production creation. (in Russian).

9. Zhiharev A.G., Matorin S.I., Mamatov E.M., Smorodina N.N. 2013. On the system-object method of presenting organizational knowledge. Belgorod State University Scientific Bulletin. History. Political science. Economics. Information technologies. 8 (151): 137–146. (in Russian).

10. Zabolotnaya N.V. 2015. The need to use automated data processing systems to manage business processes of enterprises. Bulletin of Belgorod University of cooperation, Economics and law. 1 (53): 169–173. (in Russian).

11. Zimovec O.A., Matorin S.I., Tsotsorina N.V. Gul' S.V. 2014. Calculus of functions – algebraic apparatus process approach. Belgorod State University Scientific Bulletin. History. Political science. Economics. Information technologies. 21 (192): 154–161. (in Russian).

12. Kolos N.V., Golovkova A.S., Dmitrieva Yu.V. 2019. Designing the architecture of the business process model of the educational institution unit on the basis of the process approach: monograph. Belgorod, Publishing House Of The Epicenter, 163. (in Russian).

13. Matorin S.I., Zhiharev A.G., Zimovec O.A. 2017. Justification interrelationships of system-wide principles and laws from the perspective of system-object approach. Proceedings of the institute for systems analysis Russian Academy of Sciences. 67 (3): 54–63. (in Russian).

14. Matorin S.I., Zimovec O.A., Zhiharev A.G. 2016. System-wide principles in terms of systemically-object approach "Unit-Function-Object". Proceedings of the institute for systems analysis Russian Academy of Sciences. 1 (66): 10–17. (in Russian).

15. Matorin S.I., Popov A.S., Matorin V.S. 2005. Modelirovanie organizacionnyh sistem v svete novogo podhoda «Uzel-Funkcija-Ob'ekt» [Modeling of organizational systems in the light of the new approach "Unit-Function-Object"]. Nauchno-tehnicheskaja informacija [Scientific and technical information]. Ser. 2. 1: 1–8. (in Russian).

16. Smolina N.V. 2016. Automation of confectionery production using 1C: Enterprise 8. Electronic resource. URL: http://rostjournal.ru/?p=163#more-163 (accessed 13 November 2019). (in Russian).

17. Teplov V.I., Boryaev V.E. 2017. Nutrition physiology: textbook for academic undergraduate. M., Publishing and trading Corporation "Dashkov and K", 455. (in Russian).

18. Baader F., Calvanese D., McGuinness L., Nardi D. Patel-Schneider P.F. 2003. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications. Cambridge University Press: 576.

19. Schmidt-Schauss M., Smolka G. 1991. Attributive concept descriptions with complements. Artificial Intelligence. 48 (1): 1–26.

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Белецкая Н.М., Головкова А.С. 2020. Информационная система для лабораторных исследований пищевой продукции. Экономика. Информатика. 47 (1): 186–195. DOI:

Beletskaya N.M., Golovkova A.S. 2020. Information system for laboratory researches of food products. Economics. Information technologies. 47 (1): 186–195 (in Russian). DOI:

УДК 004.67
DOI

МЕТОД ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРТНОГО БАЛЛЬНОГО И РАНГОВОГО ОЦЕНИВАНИЯ

METHOD OF INTEGRAL ASSESSMENT OF FUNCTIONAL CONDITIONS OF PERSONAL CARDIORESPIRATORY SYSTEM USING AN EXPERTS SCORE AND RANKING ASSESSMENT

М.А. Сурушкин, В.Г. Нестеров, С.В. Игрунова, Е.В. Нестерова
M.A. Surushkin, V.G. Nesterov, S.V. Igrunova, E.V. Nesterova

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

Belgorod National Reseach University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: surushkin@bsu.edu.ru

Аннотация
В статье представлено описание метода комплексной оценки состояния кардиореспираторной системы организма человека путем автоматизированного построения системного функционального профиля, включающего статические с точки зрения оценки текущего состояния физиологические параметры: возраст, пол, рост и вес, а также динамические показатели функционирования кардиореспираторной системы (фракция выброса желудочков сердца, частота сердечных сокращений, коэффициент использования кислорода, минутный объем дыхания, минутный объем кровообращения, ударный объем крови) в виде лепестковой диаграммы, и дальнейшей экспертной балльной и ранговой оценки профиля в компьютерной системе с целью накопления банка экспертных данных и разработки базы знаний, основанных на экспертных правилах. Сохранение результатов ранжирования динамических показателей функционального профиля в банке данных с экспертными оценками позволит разработать правила принятия решений для экспертной системы мониторинга функционального состояния.

Abstract
The article provides the description of method for comprehensive assessment of cardiorespiratory system of human body by automated system functional profile development that includes physiological static parameters in terms of current state assessing: age, gender, height and weight, as well as dynamic indicators of cardiorespiratory system functioning (ventricular ejection fraction, heart rate, oxygen utilization rate, minute volume of respiration, minute volume of blood circulation scheniya, stroke volume) in form of petal diagram, and further expert scoring and ranking assessment of the profile in computer system for purpose of expert database accumulation and knowledge base developing, using expert rules. Saving results of dynamic indicators ranking for individual functional profile in databank with expert estimates will allow to develop decision rules for an expert system for functional state monitoring.

Ключевые слова: кардиореспираторная система, фракция выброса желудочков сердца, частота сердечных сокращений, коэффициент использования кислорода, минутный объем дыхания, минутный объем кровообращения, ударный объем крови, лепестковая диаграмма, индивидуальный системный функциональный профиль, экспертное оценивание, балльная оценка, ранжирование физиологических показателей, база знаний.
Keywords: cardiorespiratory system, ventricular ejection fraction, heart rate, oxygen utilization rate, minute volume of respiration, minute volume of blood circulation, stroke volume of blood, petal diagram, individual system functional profile, expert assessment, point assessment, ranking of physiological indicators, knowledge base.

Введение

Среди многочисленных методов исследования, которыми в совершенстве должен владеть современный практический врач, ведущее место справедливо принадлежит инструментальным методам оценки кардиореспираторной системы пациента. Методы функциональной диагностики существенно дополняют нозологический, топический и морфологический диагнозы, являясь важной частью клинического диагноза. Отмечено, что большинство, казалось бы, здоровых людей имеют серьезный коморбидный фон, причём чаще всего встречается патология кардиореспираторной системы [Ковынев и др., 2006; Медведев, 2000; Polonikov et al., 2015; Polonikov et al., 2017; Polonikov et al., 2017; Sirotina et al., 2018].

Одной из проблем обработки и анализа массивов данных, включающих в себя множество различных медико-биологических показателей, является получение системных обобщенных оценок, наиболее информативно отображающих психофизиологическое состояние пациента. Проблема оценки функционального состояния является сложной как в научно-теоретическом, так и методологическом плане, что связано с отсутствием общепризнанных критериев предболезни, а также методов количественной оценки уровней здоровья, соответствующих этим критериям [Курзанов, 2016].

Решение данной проблемы может быть найдено путем применения методов теории принятия решений и технологий компьютерной обработки данных.

Компьютерные технологии используются для автоматизации существующих процессов как в традиционных формах, так и при реализации новых методов функциональных исследований. Большую роль современные информационные технологии играют в физиологических исследованиях [Пятакович, 2011; Сметанкин, 1999; Сурушкин, 2016].

В применяемых сегодня методиках оценки состояния функциональных систем организма при выборе показателей недостаточно внимания уделяется выбору критериев оценки с учётом взаимозависимости и условий проведения оценки показателей работы различных систем [Курзанов, 2016; Путивцева и др., 2017]. В связи с этим наибольший интерес вызывает достижение следующей цели исследования: разработка и описание метода формализации и оценки различных качественных и количественных параметров состояния кардиореспираторной системы, полученных при соблюдении определенных условий, а также создание эффективного и наглядного инструментария, обеспечивающего поддержку принятия решения по оцениванию системы гомеостаза.

Описание метода оценки функционального состояния кардиореспираторной системы

Согласно принципам хронобиологии определение функционального состояния кардиореспираторной системы как индикатора степени адаптации организма человека к различным патогенным факторам должно производиться по комплексу взаимосвязанных физиологических показателей, в качестве основных из которых можно выделить следующие шесть (n = 6): ФВ (фракция выброса желудочков сердца), ЧСС (частота сердечных сокращений), МОД (минутный объем дыхания), $КИО_2$ (коэффициент использования кислорода), МОК (минутный объем кровообращения), УОК (ударный объем крови). При этом для учета взаимовлияния и условий исследования проведение измерений показателей выполняется одновременно путем регистрации и обработки нескольких сигналов, поступающих с датчиков многофункционального медицинского монитора.

На основании полученных данных создается вектор оценки значений выбранных показателей X_i:

$$X_i = \begin{pmatrix} \text{ФВ} \\ \text{ЧСС} \\ \text{МОД} \\ \text{КИО}_2 \\ \text{МОК} \\ \text{УОК} \end{pmatrix}, i = 1..\text{n} \quad (1)$$

С целью наглядности отображения и обеспечения условий для принятия решений может быть построен график профиля функционального состояния, с помощью которого можно оценить степень соответствия значения каждого из рассматриваемых показателей общепринятым нормативным значениям. Визуализация набора показателей позволяет повысить эффективность интерпретации и объективной оценки данных.

Для учета множества показателей при проведении интегральной оценки ряд авторов предлагает построение комплексного системного функционального профиля человека в виде лепестковой диаграммы [Григорян, 2015]. При этом в предложенной методике оценка, интерпретация и корректирующие воздействия производятся применительно к отдельным звеньям рассматриваемой функциональной системы, так как целью методики является индивидуализация тренировочного процесса при подведении спортсменов к оптимальной физической форме. Данная методика может быть адаптирована для проведения комплексной оценки функционального состояния кардиореспираторной системы пациента. В частности помимо оценивания отдельных звеньев системы по каждому показателю может быть произведена итоговая оценка компенсаторных и адаптивных реакций организма пациента путем отнесения построенного индивидуального системного функционального профиля к одному из уровней адаптации: нормальная реакция, гипер- и гипореактивность. Такая оценка может производиться с помощью эксперта-врача или автоматизировано с помощью экспертных правил или других способов принятия решений.

Лепестковый вид диаграммы наглядно иллюстрирует степень выраженности отклонения текущего состояния от установленной нормы по нескольким направлениям, что позволяет обеспечить учет всего набора показателей при принятии решений.

Важным условием построения такого графика является стандартизация всех его составляющих путем приведения значений показателей к условным единицам – к процентному представлению значения относительно максимально возможного значения каждого показателя согласно формуле (2):

$$X_i^S = \frac{X_i}{MAX_i} * 100. \quad (2)$$

Таким образом, диапазон допустимых значений каждого показателя (возможные значения длины радиуса) лежит в пределах от 0 до 100 (рис. 1).

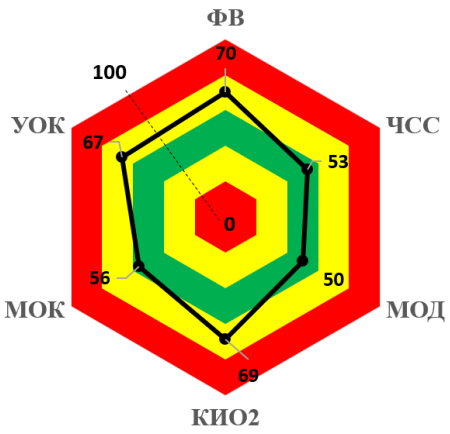


Рис. 1. Вид лепестковой диаграммы индивидуального системного функционального профиля
Fig. 1. View of petal diagram of individual system functional profile

Область диаграммы условно разделена на пять зон, соответствующих уровням адаптации: выраженная и умеренная гиперреакция, нормальная реакция, умеренная и выраженная гипореакция. Для лучшего восприятия зоны окрашены в красный (выраженная реакция), желтый (умеренная реакция) и зеленый (нормальная реакция) цвета.

Перспективной целью построения визуализированного профиля является решение задачи классификации лепестковой диаграммы как с учетом сравнения длины каждого

радиуса с установленным нормативным значением по отдельности, так и с учетом анализа ориентации ребер, соединяющих соседние взаимовлияющие показатели.

Абсолютные и относительные граничные значения уровней адаптации при первоначальном построении диаграммы на основе зарегистрированных значений показателей определяются исходя из технических характеристик используемого мониторингового оборудования.

Многокритериальная оценка систем гомеостаза, как правило, производится не только путем измерения и сравнения с нормативными значениями показателей, но и с использованием оценочных суждений, основанных на опыте и интуиции специалистов-экспертов [Данелян, 2015; Путивцева и др., 2017]. При этом существует ряд задач, связанных, например, с созданием систем с биологической обратной связью, в которых необходима непрерывная динамическая оценка состояния систем организма без привлечения экспертов. Такие системы должны обладать возможностями экспертных систем. Для достижения данной цели ставится задача по созданию и наполнению базы знаний, основанных на данных об оценках системных функциональных профилей пациентов, полученных от врачей-экспертов.

Метод экспертных оценок позволяет использовать знания ведущих врачей для получения оценок функционального профиля по внешнему виду и количественным характеристикам многопараметрического графика с учетом статических данных о возрасте, поле и росто-весовых характеристиках пациента. Каждый эксперт непосредственно оценивает сначала каждый показатель лепестковой диаграммы по отдельности по шкале от 0 до 5 баллов, где каждый балл соответствует определенному уровню адаптации организма, затем ранжирует показатели по важности при принятии решения об итоговой оценке состояния в конкретном рассматриваем случае, а затем присваивает итоговую оценку всей лепестковой диаграмме в целом также по шкале от 0 до 5 баллов (см. таблицу).

Таблица
Table

Система балльных оценок эксперта
Expert Score System

Балл	**Уровень адаптации**
0	неопределенный уровень (наличие патологий, заболеваний и т. д.)
1	выраженная гипореакция
2	умеренная гипореакция
3	нормальная реакция
4	умеренная гиперреакция
5	выраженная гиперреакция

Дополнительная экспертная оценка позволит скорректировать диаграмму с учетом индивидуальных особенностей физиологических показателей, выявленных при комплексной оценке на основе экспертного мнения.

Для проведения процедуры экспертного оценивания предполагается выполнение следующих этапов:

1. Формирование экспертной группы – врачи-физиологи.
2. Ознакомление каждого эксперта с построенным в программе комплексным системным функциональным профилем человека.
3. Балльное оценивание показателей лепестковой диаграммы каждым экспертом.
4. Ранжирование показателей лепестковой диаграммы и балльное оценивание системного профиля пациента в целом каждым экспертом.
5. Оценка согласованности мнений экспертов.
6. Интерпретация результатов – утверждение итоговой оценки в случае достаточной степени согласованности мнений и переход к 7 пункту или проведение новой процедуры экспертного оценивания.

7. Построение итогового комплексного функционального профиля человека.

Для проведения экспертизы и накопления банка данных разработано программное обеспечение, выполняющее функции регистрации пациентов и их физиологических показателей: возраст, пол, рост, вес, показатели состояния кардиореспираторной системы, построения лепестковой диаграммы по зарегистрированным показателям, проведения и сохранения результатов балльной оценки экспертов, оценки согласованности мнений экспертов, построение итоговой лепестковой диаграммы и определение уровня адаптации организма на основании результатов экспертной оценки.

Алгоритм обработки экспертных оценок, используемый в программной системе, включает следующие шаги:

1. Балльные экспертные оценки врачей-физиологов (обозначим количество экспертов – m) записываются в матрицу оценок, присвоенных каждому показателю каждым экспертом (включая итоговую оценку лепестковой диаграммы профиля). Если обозначить M_{ij} баллы i-го эксперта, присвоенные j-му показателю, то получится матрица оценок по экспертному методу:

$$M_{ij} = \begin{vmatrix} M_{11}, & M_{12}, & \dots & M_{1j}, & M_{1n}, \\ M_{21}, & M_{22}, & \dots & M_{2j}, & M_{2n}, \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ M_{i1}, & M_{i2}, & \dots & M_{ij}, & M_{in}, \\ M_{m1}, & M_{m2}, & \dots & M_{mj}, & M_{mn}, \end{vmatrix} \quad (3)$$

Каждому оцениваемому показателю, количество которых обозначено n (в нашем случае к ним относятся шесть отдельных показателей и лепестковая диаграмма в целом), в матрице соответствует один столбец, каждому эксперту – одна строка.

2. По данным матрицы оценок определяется среднее арифметическое значение ($\overline{M}_j$) по каждому показателю по формуле (4):

$$\overline{M}_j = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} M_{ij}, \quad (4)$$

где m – количество экспертных балльных оценок по j-му показателю; M_{ij} – оценки экспертов в баллах, поставленные за j-й показатель.

3. Вычисляется среднее квадратическое отклонение (σ_j) по каждому показателю по формуле (5):

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}(M_{ij}-\overline{M}_j)^2}{m-1}}, \quad (5)$$

где m – количество экспертных балльных оценок по j-му показателю; M_{ij} – оценки экспертов в баллах за j-й показатель; $\overline{M}_j$ – среднее арифметическое значение каждого показателя.

4. Производится расчет коэффициента вариации (V_j) каждого показателя по формуле (6):

$$V_j = \frac{\sigma_j}{\overline{M}_j}, \quad (6)$$

где σ_j – среднее квадратическое отклонение j-ого показателя; $\overline{M}_j$ – среднее арифметическое значение j-ого показателя.

Найденный коэффициент характеризует степень разброса мнений экспертов по отношению к среднему значению коллективной оценки каждого показателя.

5. Определяется степень согласованности мнений экспертов по каждому показателю путем сравнения коэффициента вариации с лимитными значениями:

а) если коэффициент вариации не более 0,2, то степень согласованности считается хорошей;

б) если коэффициент вариации V_j больше 0,2 и меньше значения 0,3, то степень согласованности считается удовлетворительной;

в) если коэффициент вариации V_j больше 0,3, то степень согласованности считается неудовлетворительной.

В первых двух случаях степень согласованности балльных оценок экспертной группы считается достаточной для утверждения результатов балльной оценки показателя.

6. Вычисляется сумма рангов, полученных *j*-ым показателем от всех экспертов по формуле (7):

$$R_j = \sum_{i=1}^{m} R_{ji}\ , \tag{7}$$

где m – количество экспертных ранговых оценок по *j*-му показателю; R_{ji} – ранги, присвоенные экспертами *j*-му показателю.

7. Вычисляется среднее арифметическое значение ранга по формуле (8):

$$\overline{R_j} = \frac{R_j}{m}, \tag{8}$$

где m – количество экспертов, R_j – сумма рангов, полученных *j*-ым показателем от всех экспертов.

8. Вычисляется среднее арифметическое сумм рангов по формуле (9):

$$\bar{R} = \frac{m \cdot n}{2}, \tag{9}$$

где m – количество экспертов, n – количество ранжированных показателей (все показатели кроме итогового).

9. Определяется коэффициент конкордации Кендалла по формуле (10):

$$W = \frac{12}{m^2(n^3-n)} \sum_{j=1}^{n} \left(R_j - \bar{R}\right)^2, \tag{10}$$

где m – количество экспертов, n – количество ранжированных показателей, R_j – сумма рангов, полученных *j*-ым показателем от всех экспертов, $\bar{R}$ – среднее арифметическое сумм рангов.

10. Выполняется оценка значимости коэффициента конкордации по критерию согласия Пирсона по формуле (11):

$$\chi^2 = m \cdot (n-1) \cdot W, \tag{11}$$

где m – количество экспертов, n – количество ранжированных показателей, W – коэффициент конкордации Кендалла.

11. Вычисленный χ^2 сравнивается с табличным значением для числа степеней свободы $f=n-1$ при заданном уровне значимости α = 0,05, и если χ^2 больше табличного, то делается вывод о статистически значимой связи между оценками.

12. Определяется степень согласованности мнений и утверждаются ранговые оценки экспертов.

При значении коэффициента конкордации, равном 1, считается, что получена полная согласованность мнений экспертов, при значении 0,5 – удовлетворительная согласованность, при значении менее 0,5 – низкая согласованность. Согласованность экспертной группы считается достаточной для утверждения ранговых оценок, если коэффициент конкордации значим при заданном уровне α = 0,05.

13. В случае утверждения результатов балльной и ранговой оценки всех показателей средние арифметические значения балльных $\overline{M_j}$ и ранговых $\overline{R_j}$ оценок, вычисленные на шаге 2, сохраняются в базу данных в качестве обобщённых оценок этих показателей.

14. Обобщенная оценка по последнему оцениваемому показателю (лепестковая диаграмма в целом) принимается как итоговая оценка системного профиля пациента.

Заключение

Применение информационных технологий для оценки функционального состояния организма на основе исследования и экспертного анализа ряда его функциональных параметров обеспечивает возможность визуализации промежуточной оценки показателей состояния кардиореспираторной системы в виде комплексного профиля пациента для предъявления экспертам, а также накопления базы результатов экспертной оценки.

Разработанный и программно-реализованный алгоритм системы поддержки принятия решений по оценке функционального состояния кардиореспираторной системы

человека отличается использованием метода экспертных оценок с мультипараметрическим подходом, а также функцией формирования базы данных результатов экспертной оценки с целью выработки и сохранения в базу знаний экспертных правил классификации системного функционального профиля человека по уровням адаптивной реакции, которые могут быть использованы в дальнейшем при реализации функций автоматизированной экспертной системы.

Практическая значимость результатов данной работы состоит в возможности использования разработанного программного обеспечения, предназначенного для оценки функционального состояния кардиореспираторной системы, в образовательном процессе при изучении физиологии человека для повышения эффективности освоения методов функциональной диагностики.

В качестве перспективной цели развития разработанного метода на практике может быть выбрано создание дистанционной мобильной системы мониторинга функционального состояния организма человека с помощью информационных технологий на основе использования мобильных гаджетов, датчиков и сети Интернет.

Список литературы

1. Григорян С.В. 2015. Системный анализ и моделирование функционального профиля элитных футболистов. Наука и спорт: современные тенденции. 4 (9): 16–20.

2. Данелян Т.Я. 2015. Формальные методы экспертных оценок. Экономика, статистика и информатика. 1: 183–187.

3. Ковынев И.Б., Поспелова Т.И., Лосева М.И. и др. 2006. Независимое прогностическое влияние коморбидной кардиологической и другой терапевтической патологии на результативность противоопухолевой терапии и выживаемость пациентов с неходжкинской злокачественной лимфомой старшей возрастной группы. Материалы I Национального конгресса терапевтов: 99.

4. Курзанов А.Н. 2016. Методологические аспекты оценки функциональных резервов организма. Современные проблемы науки и образования. № 2. Электронный научный журнал. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24402 (дата обращения: 15.12.2019).

5. Медведев М.М. 2000. Холтеровское мониторирование в определении лечебной тактики при нарушении ритма сердца. СПб., Инкарт, 48.

6. Путивцева Н.П., Пусная О.П., Игрунова С.В. и др. 2017. Сравнительный анализ применения многокритериальных методов. Научный результат. Информационные технологии. 1 (2): 40–47.

7. Пятакович Ф.А., Сурушкин М.А., Якунченко Т.И., Макконен К.Ф. 2011. Моделирование и алгоритмизация мультипараметрического игрового биоуправления функциональным состоянием человека. Вестник Воронежского государственного технического университета. 7 (1): 251–254.

8. Сметанкин А.А. 1999. Метод биологической обратной связи по дыхательной аритмии сердца – путь к нормализации центральной регуляции дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Биологическая обратная связь. 1: 18–26.

9. Сурушкин М.А. 2016. Компьютерный модуль анализа вариабельности сердечного ритма мультипараметрической системы диагностики и биоуправляемого игрового тренинга. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. № 16 (237), вып. 39: 132–137.

10. Polonikov A.V., Ushachev D.V., Ivanov V.P., (...), Bushueva O.Y., Solodilova M.A. 2015. Altered erythrocytemembrane protein composition mirrors pleiotropic effects of hypertension susceptibility genes and disease pathogenesis. Journal of Hypertension. 33 (11): 2265–2277. DOI: 10.1097/HJH.0000000000000699.

11. Polonikov A., Bykanova M., Ponomarenko I., (...), Shvetsov Y., Ivanov V. 2017. The contribution of CYP2C gene subfamily involved in epoxygenase pathway of arachidonic acids metabolism to hypertension susceptibility in Russian population. Clinical and Experimental Hypertension. 39 (4): 306–311. DOI: 10.1080/10641963.2016.1246562.

12. Polonikov A., Kharchenko A., Bykanova M., (...), Churnosov M., Solodilova M. 2017. Polymorphisms of CYP2C8, CYP2C9 and CYP2C19 and risk of coronary heart disease in Russian population. Gene 627: 451–459. DOI: 10.1016/j.gene.2017.07.004.

13. Sirotina S., Ponomarenko I., Kharchenko A., (...), Solodilova M., Polonikov A. 2018. A Novel Polymorphism in the Promoter of the CYP4A11 Gene Is Associated with Susceptibility to Coronary Artery Disease. Disease Markers. eCollection. DOI: 10.1155/2018/5812802.

References

1. Grigorjan S.V. 2015. Sistemnyj analiz i modelirovanie funkcional'nogo profilja jelitnyh futbolistov [System analysis and modeling of the functional profile of elite football players]. Nauka i sport: sovremennye tendencii [Science and sport: current trends]. 9 (4): 16–20.

2. Daneljan T.Ja. 2015. Formal'nye metody jekspertnyh ocenok [Formal methods of expert judgment]. Jekonomika, statistika i informatika [Economics, statistics and computer science]. 1: 183–187.

3. Kovynev I.B., Pospelova T.I., Loseva M.I. i dr. 2006. Nezavisimoe prognosticheskoe vlijanie ko-morbidnoj kardiologicheskoj i drugoj terapevticheskoj patologii na rezul'tativnost' protivoopuholevoj terapii i vyzhivaemost' pacientov s nehodzhkinskoj zlokachestvennoj limfomoj starshej vozrastnoj gruppy [Independent prognostic effect of co-morbid cardiological and other therapeutic pathology on the effectiveness of antitumor therapy and survival of patients with non-Hodgkin malignant lymphoma of the older age group]. Materialy I Nacional'nogo kongressa terapevtov [Materials of the 1st National Congress of Therapists]: 99.

4. Kurzanov A.N. 2016. Metodologicheskie aspekty ocenki funkcional'nyh rezervov organizma [Methodological aspects of assessing the functional reserves of the body]. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija [Modern problems of science and education]. № 2. Jelektronnyj nauchnyj zhurnal [Electronic scientific journal]. Available at: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24402 (accessed 15 December 2019).

5. Medvedev M.M. 2000. Holterovskoe monitorirovanie v opredelenii lechebnoj taktiki pri narushenii ritma serdca [Holter monitoring in determining treatment tactics for heart rhythm disturbance]. SPb., Inkart [Incart], 48.

6. Putivceva N.P., Pusnaja O.P., Igrunova S.V. i dr [et al.]. 2017. Sravnitel'nyj analiz primenenija mnogokriterial'nyh metodov [Comparative analysis of the application of multicriteria methods]. Nauchnyj rezul'tat. Informacionnye tehnologii [The scientific result. Information Technology]. 2 (1): 40–47.

7. Pjatakovich F.A., Surushkin M.A., Jakunchenko T.I., Makkonen K.F. 2011. Modelirovanie i algoritmizacija mul'tiparametricheskogo igrovogo bioupravlenija funkcional'nym sostojaniem cheloveka [Modeling and Algorithmization of Multiparameter Game Biofeedback by Human Functional State]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta [Proceedings of Voronezh State Technical University]. 7 (1): 251–254.

8. Smetankin A.A. 1999. Metod biologicheskoj obratnoj svjazi po dyhatel'noj aritmii serdca put' k normalizacii central'noj reguljacii dyhatel'noj i serdechno-sosudistoj system [The method of biological feedback on respiratory arrhythmias of the heart is the way to normalize the central regulation of the respiratory and cardiovascular systems]. Biologicheskaja obratnaja svjaz' [Biofeedback]. 1: 18–26.

9. Surushkin M.A. 2016. Computer module for heart rate variability analysis in multiparameter diagnostic system and biofeedback game training [Computer module for analyzing heart rate variability of a multiparameter diagnostic system and biocontrolled game training]. Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika [Scientific reports of BelSU. Series Economics. Computer science]. 16 (237), Iss. 39: 132–137.

10. Polonikov A.V., Ushachev D.V., Ivanov V.P., (...), Bushueva O.Y., Solodilova M.A. 2015. Altered erythrocytemembrane protein composition mirrors pleiotropic effects of hypertension susceptibility genes and disease pathogenesis. Journal of Hypertension. 33 (11): 2265–2277. DOI: 10.1097/HJH.0000000000000699.

11. Polonikov A., Bykanova M., Ponomarenko I., (...), Shvetsov Y., Ivanov V. 2017. The contribution of CYP2C gene subfamily involved in epoxygenase pathway of arachidonic acids metabolism to hypertension susceptibility in Russian population. Clinical and Experimental Hypertension. 39 (4): 306–311. DOI: 10.1080/10641963.2016.1246562.

12. Polonikov A., Kharchenko A., Bykanova M., (...), Churnosov M., Solodilova M. 2017. Polymorphisms of CYP2C8, CYP2C9 and CYP2C19 and risk of coronary heart disease in Russian population. Gene 627: 451–459. DOI: 10.1016/j.gene.2017.07.004.

13. Sirotina S., Ponomarenko I., Kharchenko A., (...), Solodilova M., Polonikov A. 2018. A Novel Polymorphism in the Promoter of the CYP4A11 Gene Is Associated with Susceptibility to Coronary Artery Disease. Disease Markers. eCollection. DOI: 10.1155/2018/5812802.

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Сурушкин М.А., Нестеров В.Г., Игрунова С.В., Нестерова Е.В. 2020. Метод интегральной оценки функционального состояния кардиореспираторной системы человека с использованием экспертного балльного и рангового оценивания. Экономика. Информатика. 47 (1): 196–204. DOI:

Surushkin M.A., Nesterov V.G., Igrunova S.V., Nesterova E.V. 2020. Method of integral assessment of functional conditions of personal cardiorespiratory system using an experts score and ranking assessment. Economics. Information technologies. 47 (1): 196–204 (in Russian). DOI:

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

УДК 004.716
DOI

ВЛИЯНИЕ ИСКАЖЕНИЙ УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ НА СИГНАЛЫ С ОРТОГОНАЛЬНОЙ СУБПОЛОСНОЙ БАЗОЙ

INFLUENCE DISTORTION OF POWER AMPLIFIER ON SIGNALS WITH ORTHOGONAL SUBBAND BASE

Д.В. Урсол
D.V. Ursol

ООО «РВ-СИСТЕМС»
Россия, 143026, г. Москва, Сколково, Большой бул., 42 с1

RV-SYSTEMS LLC
42 s1 Bolshoy Blv., Skolkovo, Moscow, 143026, Russia

E-mail: ursol@rv-systems.ru

Аннотация
В статье рассматривается ортогональный субполосный базис и влияние нелинейности усилителя мощности на уровень внеполосного излучения и искажения символов на приемной стороне после декодирования. Описан метод формирования и обработки канального сигнала с использованием ортогональной субполосной базы. Вычислительные эксперименты проведены с параметрами стандарта беспроводной связи Wi-Fi и различным уровнем нелинейных искажений усилителя мощности, включая сравнение с ортогональным базисом OFDM. Результаты вычислений показывают необходимость разработки цифрового предискажения субполосного ортогонального базиса для компенсации нелинейности усилителей.

Abstract
The article discusses the orthogonal subband basis and the effect of nonlinearity of the power amplifier on the out-of-band emission level and character distortion at the receiving side after decoding. Described a method for generating and processing a channel signal using an orthogonal subband base. Computational experiments were performed with the parameters of the WiFi wireless standard and various levels of non-linear distortion of the power amplifier, including comparison with the orthogonal frequency division multiplexing (OFDM). The calculation results show the need to develop a digital predistortion of a subband orthogonal basis to compensate for the nonlinearity of amplifiers. Digital predistortion can be calculated for orthogonal basis previously and saved in memory before modulation with give less complexity and additional noise immunity on receiver side. The results show the same mean error vector magnitude between orthogonal subband basis and OFDM because they have same peak to average power ratio (PAPR) values about 10 dB.

Ключевые слова: усилитель мощности, нелинейность, насыщение усилителя, искажения усилителя, ортогональное частотное уплотнение, ортогональный субполосный базис, квадратурная манипуляция, вектор ошибки.
Keywords: power amplifier, nonlinearity, amplifier saturation, amplifier distortion, orthogonal frequency division multiplexing, orthogonal subband basis, quadrature modulation, error vector magnitude.

Во всех системах радиосвязи и Интернет вещей используются усилители мощности различного класса, где одним из самых критических искажений, порождаемых усилителями мощности, является эффект нелинейности, который возникает при передаче сигналов различной мощности. Значительная часть эффектов нелинейности усилителей мощности связана с амплитудными (AM/AM) и фазовыми (AM/PM) искажениями сигнала. Искажение AM/AM можно охарактеризовать как отклонение от постоянного усиления при увеличении входной мощности в направлении области сжатия. Усилитель имеет постоянное усиление для входных сигналов низкой мощности, однако при высоких уровнях мощности входного сигнала усилитель переходит в насыщение и коэффициент усиления уменьшается [Кожемякин, Семушин, 2018]. Работа усилителя в линейной области отрицательно сказывается на коэффициенте полезного действия усилителя, что негативно влияет на энергопотребление устройства. Однако наличие сигнала в области насыщения приводит к искажению выходного сигнала и снижению помехоустойчивости и вероятности верного декодирования передаваемой информации. Линейность большинства усилителей мощности достигается при работе на уровнях мощности входного сигнала ниже максимального – таким образом, усилитель мощности не переходит в режим компрессии. Для сохранения линейности усилителя при передаче символов с наивысшей пиковой мощностью, средняя выходная мощность усилителя должна быть на несколько дБ ниже, чем точка сжатия. С другой стороны, коэффициент полезного действия усилителей максимален при работе именно в режиме компрессии, а именно в точке, где режим работы усилителя мощности считается насыщенным и его выходная мощность максимальна, поскольку дальнейшее увеличение входного сигнала не приведёт к существенному увеличению выходной мощности. Когда усилитель находится в области сжатия, пиковые точки выходного сигнала начинают отсекаться, что приводит к существенным искажениям передаваемых сигналов. Линейность – это ключевой параметр усилителя мощности систем 5-го поколения, т. к. для достижения высокой скорости передачи данных используются сложные схемы модуляции. Для корректной работы данных схем необходимы сигналы с минимальными искажениями. Линейность усилителей обычно достигается в ущерб энергоэффективности, что критично для систем передачи с автономными источниками энергии.

В сетях 5G усилители должны работать с высоким КПД, чтобы минимизировать потребление энергии базовой станции. Аналогично усилители в мобильных устройствах, работающих от батарей, должны работать в линейном режиме без ущерба значению КПД по добавленной мощности, что также особенно актуально в системах Интернет вещей, в силу высоких требований к автономности работы устройства и большой зоны радио покрытия. Таким образом, исследование влияния нелинейности усилителя мощности на сигналы с ортогональной субполосной базой является актуальной задачей. Результаты позволят оценить уровень внеполосного излучения сигнала на выходе реальных систем и усилителей мощности, оценить необходимость разработки цифровой компенсации нелинейности усилителей мощности для оптимальных ортогональных сигналов. Это в дальнейшем позволит создать приемо-передающую систему для Интернет вещей с эффективным использованием энергетических ресурсов и минимумом искажений.

В данной статье рассматриваются математические основы формирования оптимального ортогонального базиса для систем с OFDM. Данный базис и метод расчета адаптированы для возможности реализации в реальных системах стандарта IEEE 802.11. Проведение вычислительного эксперимента искажений амплитуды (AM/AM) может служить эквивалентом общего вида оператора нелинейных искажений сигнала в усилителе мощности. Уровень сжатия усилителя мощности задается соотношением средней энергии сигнала к уровню наступления насыщения усилителя, который рассчитывается по формуле:

$$P(x) = \frac{x}{\sqrt{1+\left(x/\frac{St}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i\right)^2}}, \quad (1)$$

где, x – входное напряжение сигнала, St – уровень насыщения усилителя, P(x) – выходное напряжение усилителя, N – общее количество передаваемых отсчетов. На рис. 1

представлен пример нелинейности усилителя мощности с различным уровнем сжатия (насыщения) по отношению к среднему уровню передаваемого сигнала.

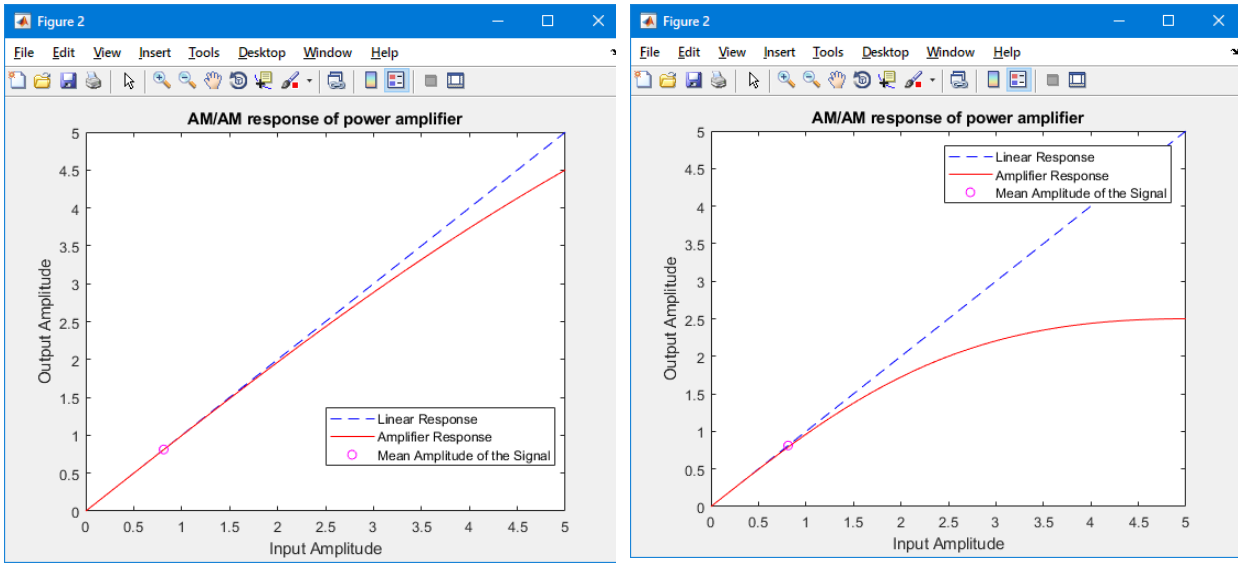


Рис. 1. Искажение усилителя мощности с различным уровнем сжатия
Fig. 1. Distortion of power amplifier with various compression levels

Пусть информационный вектор $\vec{e} = (e_1, \ldots, e_J)$, состоящий из символов QAM манипуляции, представляющий отдельный канал связи, который необходимо передать за ограниченный интервал времени T и в заданной полосе круговых частот $\Omega = [-\upsilon/2, \upsilon/2]$. Для передачи используется канальный сигнал $x(\vec{e}, t), t \in [0, T]$ в виде физически реализуемой функции времени, в параметрах которой эти символы закодированы. Предполагается, что энергия сигнала фиксирована

$$\|x(\vec{e})\|^2 = \int_0^T x^2(\vec{e}, t)\, dt = E, \tag{2}$$

а также должен существовать восстанавливающий оператор, который при отсутствии искажений канального сигнала позволяет однозначно декодировать передаваемые символы [Жиляков, Урсол, Магергут, 2012].

Положим,

$$X(\vec{e}, \omega) = \int_0^T x(\vec{e}, t) e^{-j\omega t} dt, \tag{3}$$

тогда в виду равенства Парсеваля имеет место

$$||x(\vec{e})||^2 = \int_{\omega \in \Omega} |X(\vec{e}, \omega)|^2 d\omega/2\pi + \int_{\omega \notin \Omega} |X(\vec{e}, \omega)|^2 d\omega/2\pi. \tag{4}$$

Второй интеграл в правой части соотношения (4) определяет часть энергии канального сигнала, которая попадает за пределы выделенной для передачи частотной полосы. Поэтому её величина может служить мерой межканальной интерференции при субполосной передаче информации. В соответствии с этим можно сформулировать вариационный принцип

$$S^2(\vec{e}) = \int_0^T x^2(\vec{e}, t) dt - \int_{\omega \in \Omega} |X(\vec{e}, \omega)|^2 d\omega/2\pi = min, \tag{5}$$

которому вместе с условиями (2) должен удовлетворять канальный сигнал. Его естественно называть оптимальным в смысле минимума меры межканальной интерференции. Решение поставленной задачи осуществляется подстановкой в соотношение

$$P = \int_{\omega\in\Omega} |X(\vec{e},\omega)|^2 d\omega/2\pi \quad (6)$$

определения (3), что дает

$$P = \int_0^T \int_0^T f(t)f(\tau)A_0(t-\tau)dtd\tau, \quad (7)$$

где A_0 – субполосное ядро

$$A_0(t-\tau) = \int_{\omega\in\Omega} exp(-j\omega(t-\tau))d\omega/2\pi. \quad (8)$$

После интегрирования (8) получаем:

$$A_0(t-\tau) = \frac{sin\left(\frac{\upsilon}{2}(t-\tau)\right)}{\pi(t-\tau)} \quad (9)$$

при $t = \tau$ имеет место:

$$A_0(0) = \frac{\upsilon}{2\cdot\pi}, \quad (10)$$

где υ – ширина выделенной полосы частот.

Субполосное ядро является симметричным и положительно определенным. Представим в виде разложения по собственным функциям

$$A_0(t-\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n q_n(t) q_n(\tau), \quad (11)$$

которые определяются из уравнения

$$\lambda_n q_n(t) = \int_0^T A_0(t-\tau)q_n(\tau)d\tau, \quad 0 \le t \le T, \quad (12)$$

где собственные числа упорядочены по убыванию

$$\lambda_1 > \lambda_2 > .. > \lambda_n .. > 0. \quad (13)$$

Эти условия позволяют сформировать ортогональный базис для ортогонального частотного уплотнения на основе собственных функций субполосного ядра, отобранных по заданному критерию.

$$\lambda_n = \int_{\omega\in\Omega} |Q_n(\omega)|^2 d\omega/2\pi \le 1. \quad (14)$$

Собственное число равно доле энергии соответствующего собственного вектора в заданной полосе. Базис из собственных функций субполосного ядра является полным в пространстве функций с ограниченной евклидовой нормой [Урсол, 2012].

Для цифровых систем связи количество слагаемых в представлении (12) ограничивается частотой дискретизации и, следовательно, количеством ортонормированных базисных функций. Таким образом синтез элементов субполосного ядра представляется в виде

$$a_{i,k} = \begin{cases} sin\left(\frac{\upsilon}{2}(i-k)\right)/\pi(i-k), i \ne k \\ \frac{\upsilon}{2\pi}, i = k \end{cases}, \quad (15)$$

где $i,k = 1,2,\ldots,N$ – количество отсчетов на интервале одного символа, которая определяется целочисленным значением и рассчитывается согласно выражению

$$N = Fs \cdot T_b, \quad (16)$$

где Fs – частота дискретизации в системе связи, T_b – длительность OFDM символа. При этом

$$\upsilon = 2 \cdot \pi\left(\frac{W}{Fs}\right), \quad (17)$$

W – ширина выделенной полосы для передачи в Гц.

Формирование оптимального базиса для ортогонального частотного уплотнения в виде матрицы $Q = (\vec{q}_1, \vec{q}_2, \ldots, \vec{q}_J)$ формуется из собственных векторов $\vec{q} = (q_1, q_2, \ldots, q_N)^T$ субполосной матрицы (24), соответствующие собственные числа которых близки или равны единице, где T– знак транспонирования.

Тогда для передачи исходных символов информационных каналов и применяется способ кодирования согласно выражению:

$$x(\vec{e}) = \vec{e} \cdot Q^T, \tag{18}$$

тогда их восстановление информации при том, что $Q^T \cdot Q = E$:

$$\vec{e} = x(\vec{e}) \cdot Q, \tag{19}$$

где E – единичная матрица, T – знак транспонирования.

В качестве основных параметров формируемых сигналов был взят стандарт IEEE 802.11 (Wi-Fi) для ортогонального субполосного базиса и базиса OFDM: количество отсчетов сигнала N= 64; ширина выделенной полосы частот BW = 20 МГц; QAM манипуляция; количество частотных защитных интервалов для OFDM Guard = 13; количество выбранных собственных векторов ортогонального базиса SC = 52; количество передаваемых символов 10^6. Предполагается, что искажение фазы усилителя остается постоянным, белый шум к передаваемым сигналам не добавлялся.

В качестве оценки искажений была выбрана мера среднеквадратического отклонения величины вектора ошибки (EVM RMS), что позволяет провести количественную оценку уровня искажений, вызванного нелинейностью усилителя мощности:

$$EVM_{RMS} = \sqrt{\frac{\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} e_k}{\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}(I_k^2 + Q_k^2)}} * 100, \tag{20}$$

где $e_k = \left(I_k - \widetilde{I_k}\right)^2 + \left(Q_k - \widetilde{Q_k}\right)^2$, N – общее количество передаваемых символов, I – синфазная составляющая, Q – квадратурная составляющая. На рис. 2 представлен энергетический спектр оптимального ортогонального сигнала до и после усилителя мощности с различной нелинейной характеристикой.

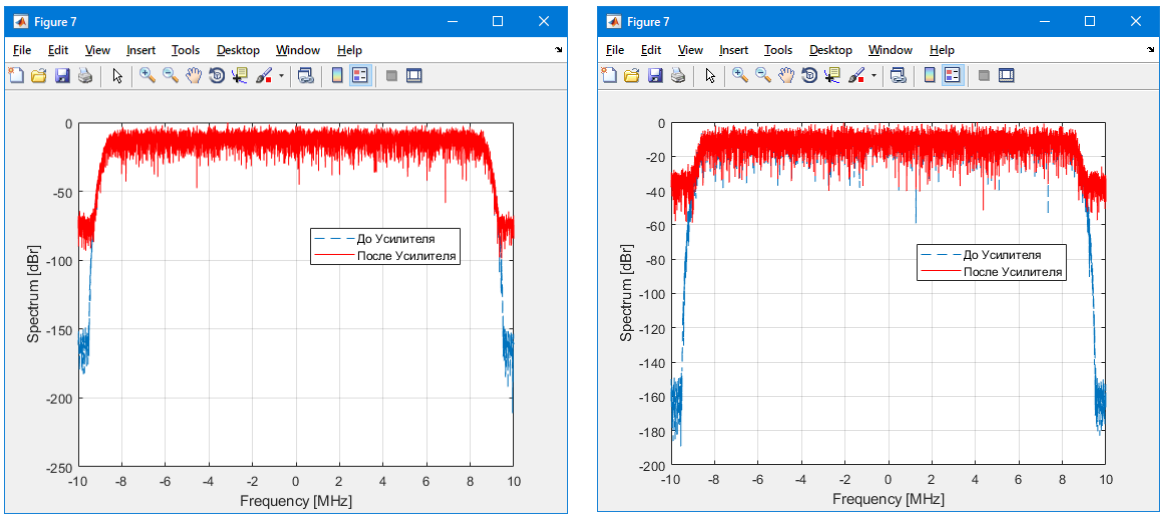


Рис. 2. Влияние нелинейности усилителя мощности на уровень внеполосной энергии передаваемого ортогонального сигнала

Fig. 2. The effect of nonlinearity of a power amplifier on the out-of-band energy level of a transmitted orthogonal signal

Нелинейность искажений усилителя мощности приводит к увеличению энергии за пределами заданной полосы, что негативно влияет на соседние каналы. Чем ниже уровень

сжатия, тем выше уровень внеполосного излучения у оптимального ортогонального базиса. На рис. 3 представлен результат вычислительного эксперимента оценки принятого и переданного информационного символа до этапа формирования и после декодирования.

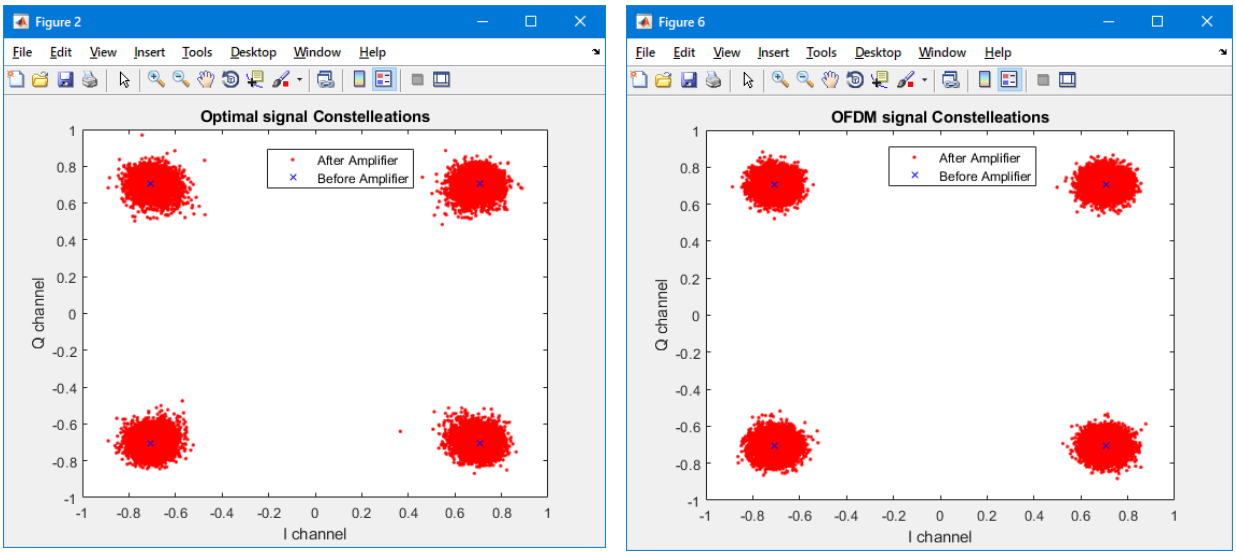


Рис. 3. Переданные и принятые символы ортогонального субполосного базиса и OFDM при нелинейном искажении усилителя

Fig. 3. Transmitted and received symbols of the orthogonal subband basis and OFDM with amplifier non-linear distortion

Результаты вычислительного эксперимента по оценке корня среднеквадратической ошибки вектора отклонений, при различном уровне нелинейности усилителя мощности, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Влияние уровня сжатия усилителя мощности на ортогональный базис

Effect of the compression level of a power amplifier on an orthogonal basis

Уровень насыщения усилителя мощности (St)	QAM			
	EVM RMS (%)		Пиковое значение EVM RMS (%)	
	Оптимальный сигнал	OFDM	Оптимальный сигнал	OFDM
1	73.9256	73.7484	188.3577	151.1787
2	26.7092	26.7167	104.3925	66.2986
4	8.2035	8.2345	46.5783	23.6777
5	5.4379	5.4684	38.0525	18.8965
6	3.8574	3.8574	26.1092	13.0247
7	2.8737	2.8737	20.3086	10.6112
8	2.2202	2.2374	18.4938	9.1892
12	1.0042	1.0122	11.2291	4.2136
16	0.5685	0.5735	5.5102	2.4409

Из таблицы видно, что средние значения вектора ошибки у оптимального ортогонального базиса и ортогонального частотного уплотнения (OFDM) схожи, поскольку соотношение пиковой и средней мощности сигналов находится на равном уровне (10 дБ).

Таким образом, нелинейность усилителя приводит к увеличению внеполосного излучения, что снижает эффективность ортогонального субполосного базиса и его применение в реальных системах. Уровень нелинейности усилителя мощности приводит к аналогичным OFDM искажениям в силу равенства пик-фактора. Поскольку усилитель

обладает наибольшим КПД в области точки насыщения, цифровая коррекция позволяет изменять форму модулированных сигналов таким образом, чтобы работа была с высоким КПД, но без искажений или высоким уровнем нелинейности, что особенно актуально для систем с автономной системой питания и большой зоной радио покрытия. Разработка метода цифровой коррекции предискажений является актуальной задачей, и дальнейшая работа будет направлена на разработку функции компенсации нелинейного искажения усилителя мощности с использованием субполосного ортогонального базиса. Внесение цифровых компенсаций нелинейности искажений в ортогональный базис заранее, который может храниться в памяти приемо-передающего устройства, позволит уменьшить сложность и стоимость оборудования, при этом усилитель мощности будет возможно использовать с максимальным коэффициентом полезного действия.

Список литературы

1. Жиляков Е.Г., Урсол Д.В., Магергут В.З. 2012. Разработка нового способа формирования сигналов для систем доступа к широкополосным мультимедийным услугам. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. Издательство: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород.

2. Зиатдинов С. И. 2009. Оценка нелинейных искажений сигнала, вносимых электронным усилителем. Электронные и электромагнитные устройства. Изв. Вузов. Приборостроение. 52 (5).

3. Кожемякин И.И., Семушин И.В. 2018. Линеаризация с предыскажением для исправления дефектов работы радиочастотного усилителя мощности в сетях 5G с массивным MIMO. Ученые записки УлГУ. Серия: Математика и информационные технологии., 2: 28–34.

4. Саяпин В.Ю., Тисленко В.И., Родионов В.В. 2015. Обзор и сравнительный анализ способов построения компенсаторов нелинейных искажений в усилителях мощности. Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь. Доклады ТУСУРа, 4 (38).

5. Урсол Д.В. 2012. Метод обеспечения помехоустойчивости информационных коммуникаций при субполосной передаче информации: дис. канд. техн. наук: 05.13.17 – Теоретические основы информатики. Белгород.

6. Carlos Alexandre Rolim Fernandes, João Mota, Gerard Favier, 2010. Cancellation of Nonlinear Inter-Carrier Interference in OFDM Systems with Nonlinear Power-Amplifiers. Conference: Latent Variable Analysis and Signal Separation - 9th International Conference, LVA/ICA 2010, St. Malo, France, September 27–30.

7. Digital Modulation Techniques in Mobile Communications. www.staff.neu.edu.tr/~fahri/mobile_L7.pdf.

8. Gayle Collins and David W. Runton, 2007. Nonlinear analysis of power amplifiers. microwave journal, Horizon House Publications, Inc.

9. IEEE Standard 802.16: A Technical Overview of the WirelessMAN™ Air Interface for Broadband Wireless Access, 2002. www.grouper.ieee.org/groups/802/16/docs/02/C80216-02_05.pdf.

10. Long Term Evolution (LTE): Overview of LTE Air-Interface Technical White Paper http://www.motorola.com/mcne/TechDocs/LTE_Air_Interface_TWP.pdf.

11. Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation, 2006. www.wimaxforum.org/news/downloads/Mobile_WiMAX_Part1_Overview_and_Performance.pdf.

12. Nguyen Quoc Binh, Julius Berces, I. Frigyes, 1995. Estimation of the effect of nonlinear high power amplifier in M-QAM radio relay systems. PERIODICA POLYTECHNICA SER. EL. ENG. VOL. 39, NO. 2, PP. 1–15–166.

13. Peter Jantunen. 2004. Modeling of nonlinear power amplifiers for wireless communications. The theses of Master of Science in Espoo, Finland.

14. Rahul Gupta, Saad Ahmad, Reinhold Ludwig, John McNeill. 2006. Adaptive Digital Baseband Predistortion for RF Power Amplifier Linearization. High Frequency Electronics.

15. White paper EDGE Introduction of high-speed data in GSM/GPRS networks. www.satnac.org.za/proceedings/2003/plenary/EricssonEDGE.pdf.

16. Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, IEEE Std 802.11g, 2003. www.pdos.csail.mit.edu/decouto/papers/802.11g.pdf.

17. Ziad El-Khatib, Leonard MacEachern, Samy A. Mahmoud. 2012. Distributed CMOS Bidirectional Amplifiers. Springer-Verlag New York. Series ISSN 1872-082X, P 134.

References

1. Zhilyakov E.G., Ursol D.V., Magergut V.Z. 2012. Development of a new method for generating signals for access systems to broadband multimedia services. Scientific reports of Belgorod State University. Series: Economics. computer science. Publisher: Belgorod State National Research University, Belgorod. (in Russian).

2. Ziatdinov S.I. 2009. Ocenka nelinejnyh iskazhenij signala, vnosimyh jelektronnym usilitelem. Jelektronnye i jelektromagnitnye ustrojstva. [Assessment of nonlinear signal distortions introduced by an electronic amplifier. Electronic and electromagnetic devices.] Izv. Universities. Instrument making. 52 (5).

3. Kozhemyakin I.I., Semushin I.V. 2018. Linearizacija s predyskazheniem dlja ispravlenija defektov raboty radiochastotnogo usilitelja moshhnosti v setjah 5G s massivnym MIMO. [Linearization with predistortion to correct defects in the operation of the radio frequency power amplifier in 5G networks with massive MIMO.] Scientific notes UlSU. Series: Mathematics and Information Technology. 2: 28–34.

4. Sayapin V.Y., Tislenko V.I., Rodionov V.V. 2015. Obzor i sravnitel'nyj analiz sposobov postroenija kompensatorov nelinejnyh iskazhenij v usiliteljah moshhnosti. [Review and comparative analysis of methods for constructing non-linear distortion compensators in power amplifiers.] Electronics, measuring equipment, radio engineering and communications. TUSUR Reports. 4 (38).

5. Ursol D.V. 2012. Metod obespechenija pomehoustojchivosti informacionnyh kommunikacij pri subpolosnoj peredache informacii [The method of ensuring noise immunity of information communications in the subband transmission of information]: dis. cand. tech. Sciences: 05.13.17 – Theoretical foundations of computer science. Belgorod.

6. Carlos Alexandre Rolim Fernandes, João Mota, Gerard Favier, 2010. Cancellation of Nonlinear Inter-Carrier Interference in OFDM Systems with Nonlinear Power-Amplifiers. Conference: Latent Variable Analysis and Signal Separation - 9th International Conference, LVA/ICA 2010, St. Malo, France, September, 27–30.

7. Digital Modulation Techniques in Mobile Communications. www.staff.neu.edu.tr/~fahri/mobile_L7.pdf.

8. Gayle Collins and David W. Runton, 2007. Nonlinear analysis of power amplifiers. microwave journal, Horizon House Publications, Inc.

9. IEEE Standard 802.16: A Technical Overview of the WirelessMAN™ Air Interface for Broadband Wireless Access, 2002. www.grouper.ieee.org/groups/802/16/docs/02/C80216-02_05.pdf.

10. Long Term Evolution (LTE): Overview of LTE Air-Interface Technical White Paper http://www.motorola.com/mcne/TechDocs/LTE_Air_Interface_TWP.pdf.

11. Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation, 2006. www.wimaxforum.org/news/downloads/Mobile_WiMAX_Part1_Overview_and_Performance.pdf.

12. Nguyen Quoc Binh, Julius Berces, I. Frigyes, 1995. Estimation of the effect of nonlinear high power amplifier in M-QAM radio relay systems. PERIODICA POLYTECHNICA SER. EL. ENG. VOL. 39, NO. 2, PP. 1-15-166.

13. Peter Jantunen. 2004. Modeling of nonlinear power amplifiers for wireless communications. The theses of Master of Science in Espoo, Finland.

14. Rahul Gupta, Saad Ahmad, Reinhold Ludwig, John McNeill, 2006. Adaptive Digital Baseband Predistortion for RF Power Amplifier Linearization. High Frequency Electronics.

15. White paper EDGE Introduction of high-speed data in GSM/GPRS networks. www.satnac.org.za/proceedings/2003/plenary/EricssonEDGE.pdf.

16. Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, IEEE Std 802.11g, 2003. www.pdos.csail.mit.edu/decouto/papers/802.11g.pdf.

17. Ziad El-Khatib, Leonard MacEachern, Samy A. Mahmoud. 2012. Distributed CMOS Bidirectional Amplifiers. Springer-Verlag New York. Series ISSN 1872-082X, P 134.

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Урсол Д.В. 2020. Влияние искажений усилителя мощности на сигналы с ортогональной субполосной базой. Экономика. Информатика. 47 (1): 205–212. DOI:

Ursol D.V. 2020. Influence distortion of power amplifier on signals with orthogonal subband base. Economics. Information technologies. 47 (1): 205–212 (in Russian). DOI:

УДК 519.237.8
DOI

МЕТОД РАСЧЕТА ЧИСЛА КЛАСТЕРОВ ДЛЯ АЛГОРИТМА K-MEANS

CLUSTERS NUMBER CALCULATING METHOD FOR THE K-MEANS ALGORITHM

В.В. Фролов[1], С.Е. Слипченко[2], О.Ю. Приходько[3]
V.V. Frolov[1], S.E. Slipchenko[2], O.Yu. Prikhodko[3]

[1)] Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина,
Украина, 61022, Харьков, площадь Свободы 4
[2)] НТУ «ХПИ», Украина, 61002, Харьков, ул. Кирпичева, 2
[3)] БГТУ им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46,

[1)] V.N. Karazin Kharkiv National University, 4 Svobody Sq, Kharkiv, 61022, Ukraine
[2)] NTU «KhPI», 2 Kyrpychova St, Kharkiv, 61002, Ukraine
[3)] BSTU named after V.G. Shukhov, 46 Kostyukova St, Belgorod, 308012, Russian Federation

E-mail: vvicfrol@rambler.ru, serg.slip@gmail.com, prihodko.o.u@gmail.com

Аннотация
В статье предложен метод оценки оптимального числа кластеров для алгоритма k-средних. Метод обеспечивает расчет оптимального количества кластеров для разделения исходного множества на основе анализа нескольких критериев оценки. Основным критерием является динамика перераспределения объектов в кластерах при переходе от одного разбиения к другому. Оценка динамики проводится при расчете нормы матрицы перехода. В качестве дополнительного критерия используется оценка изменения потенциальной энергии объектов внутри кластеров одного и того же разбиения. Вспомогательный критерий определяет количество кластеров в соответствии с характерными точками графиков основного и дополнительного критериев. Суть метода заключается в наборе правил использования основных, дополнительных и вспомогательных критериев. Последовательность выполнения правил реализована в виде функции системы Matlab. Сравнительный анализ показывает, что метод комплексной оценки позволяет повысить точность определения оптимального количества кластеров на 40 %.

Abstract
In article the method of estimate of optimum number of clusters for an algorithm k-means is offered. The method provides calculation of optimum number of clusters for partitioning an source set on the basis of the analysis of several evaluation criteria. The main criterion is dynamics of redistribution of objects in clusters upon transition from one partitioning towards another. Assessment of dynamics is carried out at calculation of norm of matrix of transition. As an additional criterion, an estimate of the change in the potential energy of objects inside clusters of the same partition is used. The auxiliary criterion determines number of clusters according to characteristic points of plots of the main and additional criteria. The essence of a method consists in a rules set of use of the main, additional and auxiliary criteria. The sequence of execution of rules is implemented by way of function of the Matlab system. Contrastive analysis shows that the method of integrated assessment allows to increase the accuracy of determination of optimum number of clusters by 40 %.

Ключевые слова: кластерный анализ, кластер, устойчивость кластеризации, разбиение множества, критерий качества разбиения, k-means, центр кластера, центроид.
Keywords: cluster analysis**,** cluster, clustering stability, partition of a set, partition quality criterion, k-means, cluster center, centroid.

Введение

Методы кластерного анализа находят широкое применение в различных областях знаний, преимущественно для классификации неупорядоченных и разрозненных данных.

В этих задачах при анализе учитывается большое количество признаков, совокупно определяющих на множестве объектов разбиение, анализ которого помогает исследователю или инженеру в принятии решений. Одной из основных проблем применения методов кластерного анализа в практической деятельности является наличие неопределенности при предварительной оценке количества кластеров, на которые разбивается исследуемая область.

Существующие подходы позволяют решить эту задачу с разной степенью эффективности на основе вычисления критериев качества разбиения, которые можно условно разбить на две группы: критерии, где вычисляются метрические характеристики разбиения (метрические); критерии, использующие для оценки разбиения физические аналоги (физические). Характерный пример «физического критерия» приводится в работе [Кольцов, 2017], здесь оптимальное количество кластеров находится при анализе фазовых состояний системы с наименьшей флуктуацией. Литвиненко В.И. [Литвиненко, 2009] использует для автоматической кластеризации данных свойства самоорганизации иммунной системы. Д.С. Шалымов [Шалымов, 2017] оценивает «метрические критерии» по устойчивости кластеризации, с этой точки зрения он выделяет пять критериев, которые основаны на вычислении межкластерных и внутрикластерных расстояний: Calinski – Harabasz; Krzanowski and Lai; Hartigan; Silhouette; GAP.

В работе [Елизаров, Куприянов, 2009] авторы классифицируют методы кластерного анализа на центроидные и нецентроидные, где для центроидных рассматривают следующие критерии качества разбиения: коэффициент разбиения, основанный на матрице принадлежности, максимум которого показывает наилучшее разбиение; модифицированный коэффициент разбиения за вычетом мощности множества кластеров; энтропия разбиения и модифицированная энтропия; критерий эффективности разбиения на основе вычисления внутрикластерных и межкластерных отличий.

А. Ложкинс и В.М. Буре [Ложкинс, Буре, 2016] предлагают метод, который позволяет определить оптимальное количество кластеров с учетом ошибок в данных на основе оценки устойчивости кластеризации. Выбирают такое количество кластеров, которое дает меньше ошибок и выше устойчивость кластеризации.

В работе [Бондарев и др., 2007] авторы оценивают проблему определения оптимального числа кластеров как основную в кластерном анализе для иерархических и итеративных методов кластеризации.

Шокина М.О. [Шокина, 2017] определяет оптимальное количество кластеров, описывающих разбиение множества хромосом, на основе анализа графиков silhouette coefficient. В результате оптимальным будет такое разбиение на кластеры, у которого нет отрицательных значений этого коэффициента.

Яцкив И., Гусарова Л. [Яцкив, Гусарова, 2003] разбивают критерии на две большие группы: глобальные и локальные правила остановки процесса кластеризации. В этой работе авторы относят критерий Calinski-Harabasz к правилам глобальной остановки и отмечают, что он не работает, когда необходимо оценить принципиальную возможность разбиения множества объектов на кластеры.

Миркин Б.Г. [Миркин, 2011] указывает, что количество подходов к оценке необходимого числа кластеров доходит до нескольких десятков и приводит их таксономию по различным признакам.

Все это доказывает, что универсального критерия на все случаи нет. Каждый критерий, применяемый на практике, показывает хорошую результативность при определении количества кластеров в определенных границах, обусловленных предметной областью и применяемым алгоритмом кластеризации. Особенности предметной области выражаются в конкретных параметрах процесса кластеризации и свойствах кластеров, таких как: форма, размеры кластера, расстояние между соседними кластерами, расстояния внутри кластера.

Следовательно, задача разработки метода оценки оптимального количества кластеров для решения определенного круга задач в конкретной предметной области остается актуальной, при условии, что универсальные критерии не позволяют получить

приемлемое решение, т. е. не определяют наличия возможности разбиения на множестве объектов, которое позволит упростить решение конкретных практических задач.

Для подтверждения этого тезиса рассмотрим пример из области биологии. Возьмем DATASET «fisheriris» [MathWorks, Inc., 2019], который содержит измерения длины и ширины от чашелистиков и лепестков трех видов цветков ириса. В этом наборе данных заранее известно количество кластеров. Используем для разбиения на кластеры алгоритм к-средних и наиболее универсальные критерии оценки в системе Матлаб: Calinski-Harabasz (*CH*) [Calinski, Harabasz, 1974]; Davies-Bouldin (*DB*) [Davies, Bouldin, 1974]; Gap (*G*) [Tibshirani et al., 2001]; Silhouette (*SLH*) [Rouseeuw, 1987]. В результате, используя функцию системы Matlab – evalclusters [MathWorks, Inc., 2019], получаем следующие числа кластеров по критериям: *CH*=3; *DB*=2; *G*=5; *SLH*=2. Расчеты показывают, что правильно определяет количество кластеров в наборе только CH критерий. Такая ситуация часто встречается на реальных наборах данных, где анализ предметной области не дает возможности предварительно оценить, хотя бы приблизительно, на какое количество кластеров можно произвести разбиение, и может возникнуть ситуация принятия решения в условиях неопределенности, когда ни один критерий не дает приемлемых результатов.

В основе большинства критериев оценки лежит вычисление внутрикластерного и межкластерного расстояний в рамках одного разбиения. В работе [Московкин, Казимиру, 2017] авторы оценивают качество разбиения по следующим критериям: сумма средних внутрикластерных расстояний должна стремиться к минимуму, а сумма межкластерных расстояний должна стремиться к максимуму. Функции от этих параметров не имеют ярко выраженных экстремумов, и это не позволяет получить единичное значение числа кластеров. Поэтому на практике конструируют оценочную функцию, описывающую различные соотношения этих параметров, так, чтобы получить экстремум.

Зачастую приходится выбирать из допустимого диапазона значений кластеров, характерным примером такого подхода служит применение «метода локтя» в работе [Селуков, Шилов, 2016] или похожий подход в работе [Шалымов, 2009], где авторы аппроксимируют гладкую кривую двумя пересекающимися прямыми и в точке их пересечения определяют количество кластеров.

Целью данной работы является разработка метода оценки оптимального количества кластеров для алгоритма к-средних, обеспечивающего автоматическую классификацию множества проектных решений расчета размерных цепей без предварительного анализа их особенностей с точки зрения эффективности инженерной конструкции. Здесь последовательно решаются следующие задачи: анализ особенностей процесса кластеризации заданного множества решений; разработка метода предварительной оценки разбиения на кластеры с учетом особенностей процесса кластеризации в рамках одного разбиения и динамики изменения параметров процесса при переходе от одного разбиения к другому; проверка эффективности метода для множеств объектов с похожими характеристиками и заранее определенным количеством кластеров.

Разработка метода оценки количества кластеров на множестве решений

Имеем результаты имитационного моделирования расчетов размерных цепей на основе предложенного в работе [Фролов, 2019] метода, которые представлены множеством хромосом $H = \{h : h \in H\}, |H| = 100$, описывающих параметры допусков и отклонений значений каждого звена размерной цепи. Хромосома – вектор-строка следующего вида: $h = (9, H, 11, H, 7, g, 7, g, 7, H, 0, L, 13, h)$. Здесь цифра – номер квалитета, а буква – отклонение. Тогда, указанная хромосома описывает размерную цепь, состоящую из 7 звеньев, где на каждое звено выделяется два гена. Нечетный ген относится к квалитету, а четный к отклонению. Допустимое множество квалитетов в каждом гене:

$$IT = \{it : \exists it \in \{0, 5, 6 \ldots 16\} \wedge it \in IT\}, |IT| = 13.$$

Допустимое множество отклонений для гена:

$$E = \{e : \exists e \in \{a, b, c, d, e, f, g, h, js, m, n, p, r, s, u, x, A, B, C, D, E, F, G, H, L\} \wedge e \in E\}.$$

Во множестве хромосом H выделяем те, у которых погрешность расчета размерной цепи равна нулю, таких в этом множестве 96. Анализ этого множества показывает, что есть стабильное решение по квалитетам, так как они не меняются для всех хромосом множества, а сочетание отклонений в каждой хромосоме разное. Понизим размерность задачи удалением генов, относящихся к квалитетам, поскольку они неразличимы, и последних двух генов отклонений, которые не изменяются в хромосомах множества по условиям проектирования, указанным в работе [Фролов, 2019]. Тогда хромосома будет $h = (H, H, g, g, H)$. Заменим буквы на их номера в опорном множестве гена, таких номеров всего 25 и получим: $h = (a_1, a_2, \ldots a_5), \exists a_i \in \{1,2,\ldots 25\}, i = \overline{1,5}$. Исходным для кластерного анализа будет множество целочисленных векторов $H^R = \{h : h \in H^R \wedge h = (a_1, \ldots a_5)\}, |H^R| = 96$. Необходимо разбить данное множество на кластеры, которые опишут близкие решения, чтобы инженер-проектировщик выбрал по одному решению из каждого кластера.

Решать задачи кластерного анализа будем в системе Matlab с помощью алгоритма к-средних. Порядок решения:

1. Зададим диапазон изменения чисел кластеров, на котором будем искать оптимальное число. Поскольку мощность исходного множества равна 96, примем диапазон $m = \overline{1,96}$ кластеров. Максимальное значение объясняется тем, что минимально кластер может содержать один объект.

2. Вычислим для исходного набора хромосом стандартизованную оценку (z-оценку), используя функцию Matlab – zscore.

3. Для проверки наличия разбиения зададим диапазон чисел кластеров от 1 до 96. Результат на рис. 1 (*CH*=57, *DB*=57, *G*=57, *SLH*=54) показывает, что в одном кластере может быть в среднем до двух хромосом (среднее значение 1,7), количество кластеров принимаем по критерию *CH*=57.

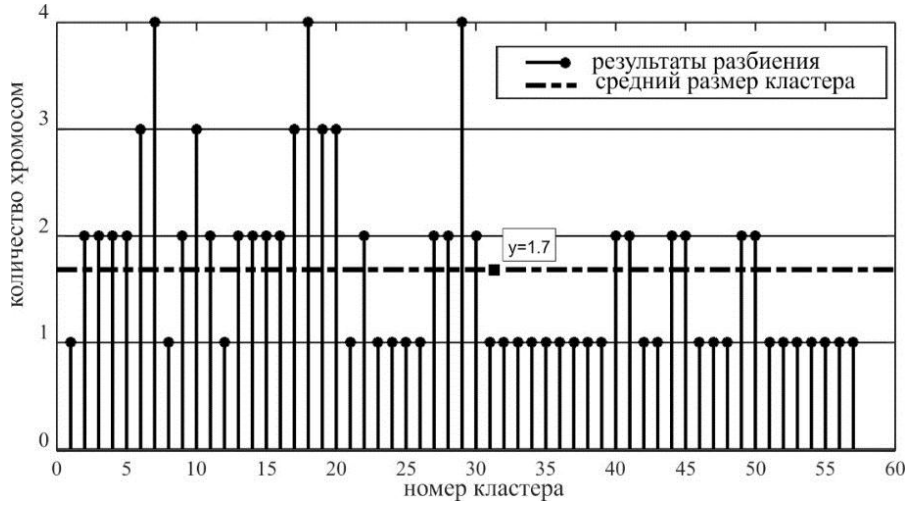


Рис. 1. Результаты разбиения на кластеры множества H^R по критерию CH=57

Fig. 1. Cluster results of a set H^R by criterion CH=57

В данной задаче объектов всего 96, поэтому можно проверить, сколько реально кластеров получилось. Проверка вручную показывает, что данное множество решений можно предельно разбить на 54 подмножества. Согласно этому, правильно оценку оптимального количества кластеров выполнил только критерий SLH=54.

В результате кластеризации было получено предельно возможное разбиение множества на 54 кластера, где собраны неразличимые с точки зрения метрики, применяемой в данном методе, объекты. Такое разбиение (см. рис. 1) не позволяет снизить размерность задачи, чтобы упростить работу проектировщика.

Для вычисления критерия CH в системе Matlab [MathWorks, Inc., 2019] используется следующая формула:

$$VRC_k = \frac{SS_B}{SS_W} \times \frac{N-k}{k-1}, \quad (1)$$

где SS_B – общая дисперсия между кластерами; SS_W – общая дисперсия внутри кластера; N – число объектов, для которых выполняется разбиение; k – количество кластеров.

Общая дисперсия между кластерами рассчитывается

$$SS_B = \sum_{i=1}^{k} n_i \|m_i - m\|^2, \quad (2)$$

где n_i – количество объектов в текущем кластере; m_i – центр текущего кластера; m – общее среднее значение данных выборки.

Общая дисперсия внутри кластера рассчитывается

$$SS_W = \sum_{i=1}^{k} \sum_{x \in c_i} \|x - m_i\|^2, \quad (3)$$

где x – вектор, характеризующий объект, который входит кластер c_i, т. е. это суммарное расстояние между объектами и центром кластера.

В критерии CH есть один недостаток – значение внутрикластерных сумм SS_W здесь находится в знаменателе и в случае, когда существуют кластеры с неразличимыми объектами, как в нашей задаче, оно обращается в нуль, а при делении на нуль будет ошибка при вычислении критерия. Последнее нарушает весь процесс поиска оптимального разбиения.

Выполним анализ изменения SS_B и SS_W с целью определения возможности получения более равномерного разбиения с меньшим числом кластеров при заданном выше диапазоне. На рис. 2, совмещаем два графика, построенные по формулам (2) и (3), где по вертикальной оси откладываем значения SS_B и SS_W, а по горизонтальной оси – текущее количество кластеров k.

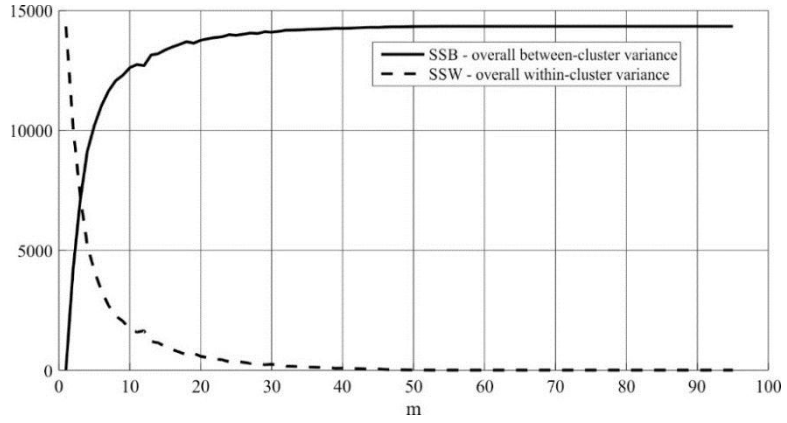


Рис. 2. Изменение общих дисперсий между кластерами SS_B и внутри кластеров SS_W

Fig. 2. Change in main variances between clusters SS_B and within clusters SS_W

Стабилизация результатов этих характеристик наступает после 50 кластеров, что соответствует полученным по критериям значениям. Причем SS_B симметрична SS_W относительно их точки пересечения. С другой стороны, в диапазоне от 10 до 50 кластеров наблюдаются небольшие изменения характеристик по сравнению с диапазоном от 1 до 10,

а это говорит о том, что полученные разбиения вполне можно использовать для практических целей.

Сформулируем задачу кластеризации в терминах, на основе которых будем разрабатывать метод и проводить численные эксперименты. Итеративные методы кластеризации выполняют анализ разбиений объектов по кластерам на основе вычисления расстояний от центров кластеров до объектов множества $O = \{o : o = (pr_1, pr_2, \dots pr_k), o \in O\}$, где k – размерность пространства признаков, pr – отдельный признак кортежа или в матричном виде $O = [O_i]_{|H^R|}$.

В результате кластеризации с помощью функции Matlab имеем следующую информацию о разбиении:

– центры кластера (центроиды) в виде матрицы $C = [c_{i,j}]_{m \times k}$ или $C = [C_i]_{m \times 1}$, где m – количество строк, которое определяется числом кластеров результирующего разбиения, а количество столбцов k – размерностью пространства признаков, C_i – вектор-строка, характеризующая центр кластера, $c_{i,j}$ – значение отдельного признака для центра кластера;

– матрица $D = [d_{i,j}]_{n \times m}, n = |O|$ расстояний всех объектов множества O до центров кластеров;

– внутрикластерные суммы расстояний между центроидом и объектами, входящими в кластер в виде вектора $S = [s_{i,j}]_{1 \times m}$, размерность которого определяется количеством кластеров;

– вектор $IDX = [idx_{i,j}]_{n \times 1}, \forall i : idx_{i,1} \in \{1, \dots m\}$, определяющий принадлежность объектов кластерам.

На основе анализа этих данных необходимо провести оценку необходимого количества кластеров.

Определим понятия, которые составляют основу предлагаемого метода:

1. Расчет оптимального числа кластеров для разбиения исходного множества выполняется на основе анализа нескольких критериев оценки;

2. Комплексная оценка количества кластеров заключается в расчете динамики изменения связей между объектами как в рамках одного разбиения, так и между разбиениями, а также в анализе возможных характерных точек на графиках, отражающих эти изменения.

3. Основной критерий – оценка динамики перераспределения объектов внутри кластеров при переходе от одного разбиения к другому, выраженная в связях между кластерами этих разбиений в виде двудольного графа.

4. Центр кластера является точкой равновесия для всех объектов этого кластера. Тогда положение объектов относительно центра кластера можно оценивать по величине линейной восстанавливающей силы, подчиняющейся закону Гука при постоянном коэффициенте жесткости.

5. Согласно п. 4, степень притяжения объекта к центру кластера будем оценивать величиной работы линейной восстанавливающей силы, чем больше работа, тем дальше от центра кластера находится объект. Следовательно, для расчета степени притяжения объектов к центру кластера можно использовать потенциальную энергию силы упругости пружины с коэффициентом жесткости, равным единице. Потенциальную энергию силы упругости пружины рассчитываем по формулам работы [Никитин, 1990, с. 348–349]:

$$П = -U,\ U = -\frac{c \cdot r^2}{2},\ r^2 = x^2 + y^2 + z^2, \quad (4)$$

где $П$ – потенциальная энергия; U – силовая функция линейной силы упругости; c – коэффициент жесткости пружины, для нашего случая $c = 1$; r – расстояние от точки

равновесия до рассматриваемой точки, x, y, z – координаты точки в трехмерном пространстве.

6. Дополнительный критерий – динамика изменения потенциальной энергии объектов внутри кластеров в рамках разбиения.

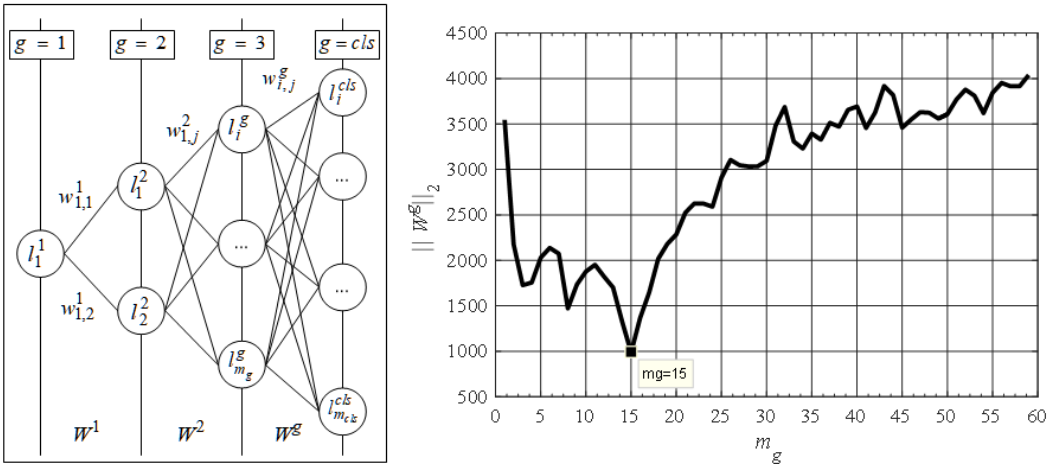
7. Вспомогательный критерий – характерные точки графиков основного и дополнительного критериев.

При расчете основного критерия, согласно п. 3, процесс разбиения на кластеры можно представить в виде нейроподобного элемента на рис. 3а. Каждый слой g этого элемента содержит количество кластеров (нейронов), равное номеру слоя, связи между слоями реализуются по принципу все ко всем в виде двудольного графа. Матрица синаптических коэффициентов W^g отражает расстояние между кластерами разных слоев в количестве составляющих их объектов. Тогда появляется возможность оценить степень близости между всеми кластерами соседних слоев на основе Евклидовой метрики. Множество матриц W^g, назовем их матрицами переходов от одного слоя к другому, будет характеризовать весь процесс разбиения, который можно отразить на графике, рис. 3б,

$$W^g = \left[w_{i,j}^g\right]_{m_g \times m_{g+1}}, i = \overline{1, m_g},\ j = \overline{1, m_{g+1}},\ m_g = \overline{1, g},\ g = \overline{1, cls-1},\ w_{i,j}^g = d_E\left(l_i^g, l_j^{g+1}\right), \quad (5)$$

где g – номер текущего разбиения; m_g – максимальное количество кластеров для текущего разбиения; i, j – номера соседних разбиений; cls – максимальное количество кластеров для оценки разбиения; l_i^g – количество объектов в кластере.

Для комплексной оценки связей между слоями (см. рис. 3а) используем Евклидову норму матрицы переходов $\left\|W^g\right\|_2$, поскольку она показывает максимальный коэффициент растяжения этой матрицей вектора, характеризующего текущее разбиение.



а) б)

Рис. 3. Модель динамики процесса разбиения

Fig. 3. Model of the decomposition process dynamics

Евклидову норму вычисляем так

$$\left\|W^g\right\|_2 = \lambda_1, \quad (6)$$

где λ_1 – сингулярное число матрицы. Тогда на DATASET s1 [Fränti, Virmajoki, 2006] определяем оптимальное количество кластеров, равное 15 (см. рис. 3б). Для нашего случая минимум нормы будет при 10 кластерах.

Опишем расчет дополнительного критерия. С учетом обозначений, принятых в данной работе, формула потенциальной энергии (4) для одного объекта перепишется следующим образом:

$$П_{p,i} = \frac{1}{2} \cdot d_E\left(O_i, C_p\right)^2, \tag{5}$$

где d_E – Евклидово расстояние между p-им центром кластера и i-им объектом, C_p – вектор-строка, описывающая p-й центр кластера.

Рассчитываем потенциальные энергии для всех объектов кластера по (5) и выбираем для характеристики кластера энергию объекта $П_p^*$, который расположен наиболее близко к его центру

$$П_p^* = \min_{i \in I}\left\{П_{p,i}\right\}, I = \overline{1, l_p}, \tag{6}$$

где l_p – количество объектов в кластере. Для разбиения с учетом (6) получаем множество таких энергий $П^g = \left\{П_p : П_p = П_p^*, p = \overline{1, m_g}\right\}$. Поэтому для корректной характеристики всего разбиения используем статистические характеристики: среднее значение энергии $\overline{П}^g$ и среднеквадратическое отклонение значений энергии $\sigma_П^g$

$$\overline{П}^g = \frac{1}{m_g} \cdot \sum_{p=1}^{m_g} П_p, \sigma_П^g = \sqrt{\frac{1}{m_g - 1} \cdot \sum_{p=1}^{m_g}\left(П_p - \overline{П}^g\right)^2}. \tag{7}$$

На основе (7) для характеристики всего разбиения можно будет записать такой критерий:

$$KST_g = \overline{П}^g + \sigma_П^g. \tag{8}$$

Оптимальное количество кластеров должно соответствовать минимуму критерия (8), поскольку в нем будет наблюдаться минимум потенциальной энергии разбиения

$$KST^* = \min_{g \in G}\left\{KST_g\right\}, G = \overline{1, cls}. \tag{9}$$

Проведем эксперимент с вычислением критерия по формулам (5)–(8) на DATASET s1 [Fränti,Virmajoki, 2006], где известно оптимальное количество кластеров $m^* = 15$. На рис. 4 изображен график изменения критерия, он имеет минимум в точке, где количество кластеров равно 15. Поскольку график строится со второго разбиения, для определения оптимального количества кластеров по (9) необходимо к значению на графике добавить единицу.

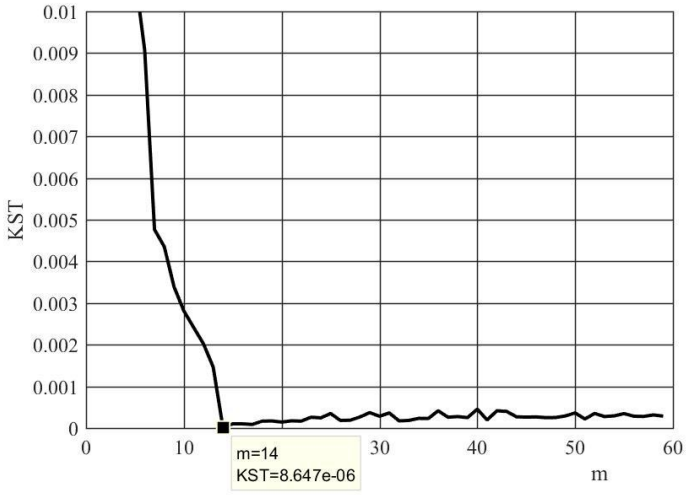


Рис. 4. Изменение потенциальной энергии (фрагмент)
Fig. 4. Potential energy change (fragment)

Результаты и обсуждение

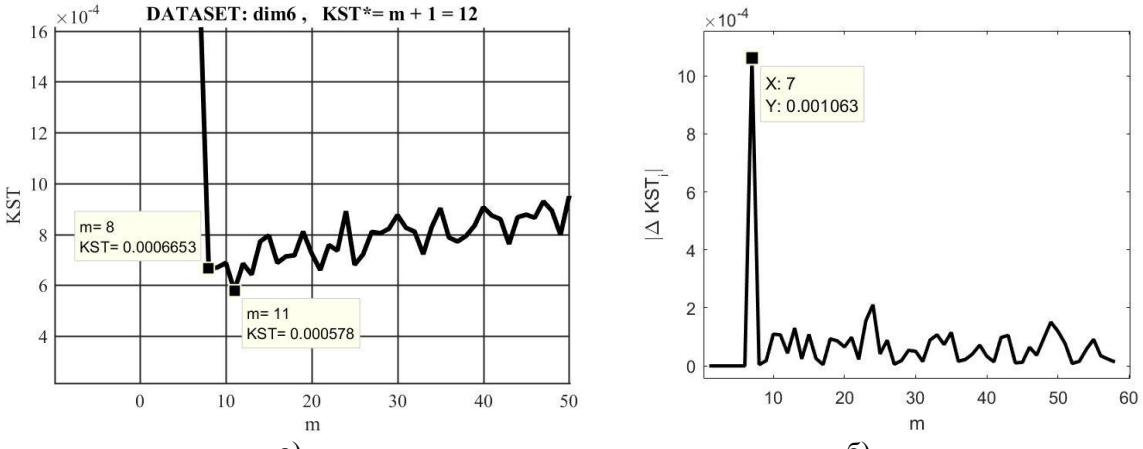
Проведем вычислительные эксперименты на 14 DATASET-ах, чтобы оценить возможности каждого критерия оценки в предлагаемом методе. Результаты сведем в табл. 1, здесь в скобках отражен локальный минимум критерия при наличии спорных результатов.

Таблица 1
Table 1

Результаты численных экспериментов для оценки количества кластеров
The results of numerical experiments to estimate the number of clusters

№	Имя	Источник	Кол-во класт. базовое	KST^*	$\left\|W^g\right\|_2$	$\left\|\Delta KST_i\right\|$	CPC
1	dim2	[Kärkkäinen, Fränti, 2007]	9	10	9	9	9
2	dim4	[Kärkkäinen, Fränti, 2007]	9	15	9	9	9
3	dim 6	[Kärkkäinen, Fränti, 2007]	9	12	(9) – 50	9	9
4	dim 12	[Kärkkäinen, Fränti, 2007]	9	12	(9) – 52	9	9
5	s1	[Fränti,Virmajoki, 2006]	15	15	15	15	15
6	s2	[Fränti,Virmajoki, 2006]	15	15	15	5	15
7	a1	[Kärkkäinen, Fränti, 2002]	20	20	21	7	21
8	a2	[Kärkkäinen, Fränti, 2002]	35	38	(8) – 38	4	38
9	dim032	[Fränti et al., 2006]	16	16	16	16	16
10	dim064	[Fränti et al., 2006]	16	16	16	16	16
11	meas	[MathWorks, Inc., 2019]	3	55	3	20	3
12	m1	–	–	57	10	57	10
13	dim15	[Kärkkäinen, Fränti, 2007]	9	10	9	9	9
14	unbalance	[Rezaei, Fränti, 2016]	8	10	5	9	5

Основной критерий $\left\|W^g\right\|_2$ в таблице 1 дает противоречивые результаты для 3, 4 и 8-го набора данных, поскольку не имеет явно выраженного минимума, такого как на рис. 4 (5-й набор данных в таблице). В этом случае необходимо оценить KST^* потенциальную энергию кластеров внутри разбиения для набора № 8. Она имеет минимум на 38 кластерах, что совпадает с одним из минимумов основного критерия, поэтому принимаем 38 кластеров. В наборах 3 и 4 минимум KST^* находится между локальными экстремумами основного критерия, поскольку эти экстремумы не совпадают с характерной точкой, где происходит резкое изменение потенциальной энергии, что отображено на рис. 5а для набора 3.



а) б)

Рис. 5. Характерные точки на графике потенциальной энергии кластеров
Fig. 5. Characteristic points on the graph of potential energy of clusters

Здесь в точке $m=8$ наблюдается резкое изменение потенциальной энергии, а минимальное значение находится дальше. В этом случае для выявления характерной точки на графике используем конечную разность первого порядка (см. рис. 5б), взятую по модулю. Характерная точка находится в максимуме. Поскольку конечная разность сдвигает значения на единицу, к полученной цифре необходимо добавить 2, чтобы получить оптимальное количество кластеров (см. рис. 5б).

Обозначим комплексный критерий разбиения *CPC* (complex partitioning criterion) и опишем алгоритм его вычисления:

1. Формируем кластеры для каждого уровня g с помощью алгоритма к-средних;

2. Рассчитываем матрицы переходов W^g между уровнями g;

3. Рассчитываем нормы матрицы переходов $\left\|W^g\right\|_2$;

4. Проверяем количество минимумов на графике основного критерия;

5. Существует ярко выраженный глобальный минимум, возвращаем оптимальное количество кластеров, в противном случае переходим к пункту 6.

6. Вычисляем потенциальную энергию кластеров.

7. Если минимум потенциальной энергии совпадает с одним из локальных минимумов п. 4, возвращаем оптимальное количество кластеров по совпадению, в противном случае переходим в п. 8;

8. Определяем характерные точки графика потенциальной энергии по модулю конечных разностей первого порядка.

9. Выбираем максимум из п. 8 и возвращаем оптимальное количество кластеров, в противном случае возвращаем 0.

Данный алгоритм реализован в виде функции системы Matlab, чтобы обеспечить автоматизированный расчет оптимального количества кластеров. Для сравнительного анализа были рассчитаны значения количества кластеров по критериям, используемым в Matlab, для заданных наборов данных в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Результаты численных экспериментов для оценки количества кластеров в Matlab
Results of numerical experiments to estimate the number of clusters in Matlab

Имя	Критерии			
	CH	DB	Gap	SH
dim2	10	10	10	10
dim4	10	9	10	10
dim6	10	10	12	10
dim12	10	9	10	9
s1	15	15	15	15
s2	15	15	15	15
a1	21	17	20	19
a2	38	34	37	34
dim032	16	16	16	16
dim064	16	16	19	16
meas	2	2	17	2
dim15	9	9	12	10
unbalance	25	6	25	6
Правильно, %	38	54	30	38

Предлагаемый в данной статье метод дает 76 % правильных результатов. В сравнении с реализованными в Matlab критериями (см. табл. 2), это лучший результат. Причем основной критерий метода дает 61 % правильных ответов на наборах данных, согласно табл. 1.

Заключение

Метод комплексной оценки количества кластеров для алгоритма к-средних позволяет повысить точность определения оптимального количества кластеров на 40 %, поскольку в отличие от других выполняет анализ изменения параметров разбиения как в рамках одного разбиения, так и в динамике, при переходе от одного разбиения к другому. Причем основным критерием является оценка динамики изменения параметров при переходе от одного разбиения к другому на основе норм матриц переходов $\left\|W^g\right\|_2$, поскольку практика применения показывает, что это дает наиболее достоверный результат при анализе данных (порядка 60 % правильных ответов). Остальные критерии используются для более подробного анализа процесса разбиения при возникновении спорных результатов по основному критерию, что позволяет повысить точность определения числа кластеров.

Список литературы

1. Бондарев В.А., Лисица А.В., Меньшутина Н.В. 2007. Применение правил остановки кластерного анализа в случае слабой и сильной иерархии кластеров на примере белковых структур. Успехи в химии и химической технологии. Т. 21. 1 (69): 105–109. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-pravil-ostanovki-klasternogo-analiza-v-sluchae-slaboy-i-silnoy-ierarhii-klasterov-na-primere-belkovyh-struktur (дата обращения: 23.10.2019).

2. Елизаров С.И., Куприянов М.С. 2009. Проблема определения количества кластеров при использовании методов разбиения. Изв. вузов. Приборостроение. 52 (12): 3–8. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problema-opredeleniya-kolichestva-klasterov-pri-ispolzovanii-metodov-razbieniya (дата обращения: 22.10.2019).

3. Кольцов С.Н. 2017. Термодинамический подход к проблеме определения числа кластеров на основе тематического моделирования. Письма в журнал технической физики. 43 (12): 90–95. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=29359329 (дата обращения: 22.10.2019).

4. Литвиненко В.И. 2009. Кластерный анализ данных на основе модифицированной иммунной сети. УСиМ. (1): 54–61. URL: http://usim.irtc.org.ua/arch/2009/1/8.pdf (дата обращения: 30.11.2019).

5. Ложкинс А., Буре В.М., 2016. Вероятностный подход к определению локально-оптимального числа кластеров. Вестник СПбГУ. Серия 10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. (1): 28–37. URL: https://cyberleninka.ru /article/n/veroyatnostnyy-podhod-k-opredeleniyu-lokalno-optimalnogo-chisla-klasterov (дата обращения: 22.10.2019).

6. Московкин В.М., Казимиру Эринелту. 2017. Матричная кластеризация как кластеризация матриц одинаковой размерности. Научные ведомости БелГУ. Серия: Экономика. Информатика. 23 (272): 123–127. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=32265026 (дата обращения: 22.10.2019).

7. Миркин Б.Г. 2011. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений: обзор. М., Изд. дом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 88. URL: https://www.hse.ru/data/2011/05/19/1213868030/WP7_2011_03f.pdf (дата обращения: 25.10.2019).

8. Никитин Н.Н. 1990. Курс теоретической механики. 5-е изд., перераб. и доп. М., Высшая школа, 607.

9. Селуков Д.А., Шилов В.С. 2016. Нахождение оптимального числа кластеров «методом локтя». Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. 1: 107–111. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=28990633 (дата обращения: 25.10.2019).

10. Фролов В.В. 2019. Проектный расчет размерных цепей на основе имитационного моделирования. Вестник витебского государственного технологического университета. 2 (37): 76–88. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41653699 (дата обращения: 16.01.2020).

11. Шалымов Д.С. 2009. Рандомизированный метод определения количества кластеров на множестве данных. Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 5 (63): 111–116. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/randomizirovannyy-metod-opredeleniya-kolichestva-klasterov-na-mnozhestve-dannyh. (дата обращения: 22.10.2019).

12. Шокина М.О. 2017. Применение алгоритма k-means++ для кластеризации последовательностей с неизвестным количеством кластеров. Новые информационные технологии в автоматизированных системах. (20). URL: https://cyberleninka.ru /article/n/primenenie-algoritma-k-means-dlya-klasterizatsii-posledovatelnostey-s-neizvestnym-kolichestvom-klasterov (дата обращения: 22.10.2019).

13. Яцкив И., Гусарова Л. 2003. Методы определения количества кластеров при классификации без обучения. Transport and Telecommunication. 4 (1): 23–28. URL: http://www.tsi.lv/sites/default/files/editor/science/Research_journals/Tr_Tel/2003/V1/yatskiv_gousarova.pdf (дата обращения: 25.10.2019).

14. MathWorks. 2019. Calinski-Harabasz criterion clustering evaluation object. URL: https://www.mathworks.com/help/stats/clustering.evaluation.calinskiharabaszevaluation-class.html (accessed 25 October 2019).

15. Fränti P., Virmajoki O. 2006. Iterative shrinking method for clustering problems. Pattern Recognition. 39 (5): 761–765.

16. Fränti P., Virmajoki O., Hautamäki V. 2006. Fast agglomerative clustering using a k-nearest neighbor graph. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 28 (11): 1875–1881.

17. Rezaei M., Fränti P. 2016. Set-matching measures for external cluster validity. IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering. 28 (8): 2173–2186.

18. Kärkkäinen I., Fränti P. 2007. Gradual model generator for single-pass clustering. Pattern Recognition. 40(3): 784–795.

19. Calinski T., Harabasz J. 1974. A dendrite method for cluster analysis. Communications in Statistics. 3(1): 1–27.

20. Davies D.L., Bouldin D.W. 1979. A Cluster Separation Measure. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. PAMI-1 (2): 224–227.

21. Tibshirani R., Walther G., Hastie T. 2001. Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic. Journal of the Royal Statistical Society: Series B. 63 (2): 411–423.

22. Rouseeuw P.J. 1987. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. Journal of Computational and Applied Mathematics. 20 (1): 53–65.

References

1. Bondarev V.A., Lisica A.V., Men'shutina N.V. 2007. Primenenie pravil ostanovki klasternogo analiza v sluchae slaboj i sil'noj ierarhii klasterov na primere belkovyh struktur. [Application of the rules for stopping cluster analysis in the case of a weak and strong hierarchy of clusters using protein structures as an example] Uspehi v himii i himicheskoj tehnologii. [Advances in chemistry and chemical technology] T. 21. 1 (69): 105–109 Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-pravil-ostanovki-klasternogo-analiza-v-sluchae-slaboy-i-silnoy-ierarhii-klasterov-na-primere-belkovyh-struktur (accessed 23 November 2019).

2. Elizarov S.I., Kuprijanov M.S. 2009. Problema opredelenija kolichestva klasterov pri ispol'zovanii metodov razbienija. [The problem of determining the number of clusters when using partitioning methods.] Izv. vuzov. Priborostroenie. [University News. Instrument making]. 52 (12): 3–8. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/problema-opredeleniya-kolichestva-klasterov-pri-ispolzovanii-metodov- razbieniya (accessed 22 October 2019).

3. Kol'cov S.N. 2017. Termodinamicheskij podhod k probleme opredelenija chisla klasterov na osnove tematicheskogo modelirovanija. [Thermodynamic approach to the problem of determining the number of clusters based on thematic modeling] Pis'ma v zhurnal tehnicheskoj fiziki. [Technical Physics Letters] 43 (12): 90–95. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=29359329 (accessed 22 October 2019).

4. Litvinenko V.I. 2009. Klasternyj analiz dannyh na osnove modificirovannoj immunnoj seti. [Cluster data analysis based on a modified immune network.] USiM [Control systems and computers]. (1): 54–61. Available at: http://usim.irtc.org.ua/arch/2009/1/8.pdf (accessed 30 November 2019).

5. Lozhkins A., Bure V.M., 2016. Verojatnostnyj podhod k opredeleniju lokal'no-optimal'nogo chisla klasterov. [The probabilistic method of finding the local-optimum of clustering] Vestnik SPbGU. Serija 10. Prikladnaja matematika. Informatika. Processy upravlenija. [Bulletin of St. Petersburg State University. Applied Mathematics. Computer science. Management processes] (1): 28–37. Available at: https://cyberleninka.ru /article/n/veroyatnostnyy-podhod-k-opredeleniyu-lokalno-optimalnogo-chisla-klasterov (accessed 22 October 2019)

6. Moskovkin V.M., Kazimiru Jerineltu. 2017. Matrichnaja klasterizacija kak klasterizacija matric odinakovoj razmernosti. [Matrix clustering as a clustering matrices of the same dimension] Nauchnye vedomosti BelGU. Serija: Jekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies.] 23 (272): 123–127. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id= 32265026 (accessed 22 October 2019).

7. Mirkin B.G. 2011. Metody klaster-analiza dlja podderzhki prinjatija reshenij: obzor [Cluster Analysis Methods for Decision Support: An Overview] M., Izd. dom Nacional'nogo issledovatel'skogo

universiteta «Vysshaja shkola jekonomiki», 88. Available at: https://www.hse.ru/data/2011/05/19/1213868030/WP7_2011_03f.pdf (accessed 25 October 2019).

8. Nikitin N.N. 1990. Kurs teoreticheskoj mehaniki. [Theoretical Mechanics Course] 5-e izd., pererab. i dop. M., Vysshaja shkola, 607

9. Selukov D.A., Shilov V.S. 2016. Nahozhdenie optimal'nogo chisla klasterov "metodom loktja". [Finding the optimal number of clusters by method «elbow»] Innovacionnye tehnologii: teorija, instrumenty, praktika. [Innovative technologies: theory, tools, practice] 1: 107–111. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=28990633 (accessed 25 October 2019).

10. Frolov V.V. 2019. Proektnyj raschet razmernyh cepej na osnove imitacionnogo modelirovanija. [Design Calculation of Dimensional Chains on the Basis of Simulation Modeling] Vestnik of Vitebsk State Technological University. 2 (37): 76–88. Available at: https://elibrary.ru/ item.asp?id=41653699 (accessed 16 January 2020).

11. Shalymov D.S. 2009. Randomizirovannyj metod opredelenija kolichestva klasterov na mnozhestve dannyh. [A randomized method for determining the number of clusters on a data set.] Nauchno-tehnicheskij vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta informacionnyh tehnologij, mehaniki i optiki. [Scientific and Technical Bulletin of the St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics.] 5 (63): 111–116. Available at: https://cyberleninka.ru/ article/n/randomizirovannyy-metod-opredeleniya-kolichestva-klasterov-na-mnozhestve-dannyh (accessed 22 October 2019).

12. Shokina M.O. 2017. Primenenie algoritma k-means++ dlja klasterizacii posledovatel'nostej s neizvestnym kolichestvom klasterov. [Application of the k-means ++ algorithm for clustering sequences with an unknown number of clusters.] Novye informacionnye tehnologii v avtomatizirovannyh sistemah. [New information technologies in automated systems.] (20). Available at: https://cyberleninka.ru /article/n/primenenie-algoritma-k-means-dlya-klasterizatsii-posledovatelnostey-s-neizvestnym-kolichestvom-klasterov (accessed 22 October 2019).

13. Jackiv I., Gusarova L. 2003. Metody opredelenija kolichestva klasterov pri klassifikacii bez obuchenija. [Methods for determining the number of clusters in the classification without training.] Transport and Telecommunication 4 (1):23–28. Available at: http://www.tsi.lv/sites/default/files/editor/science/Research_journals/Tr_Tel/2003/V1/yatskiv_gousarova.pdf (accessed 25 October 2019).

14. MathWorks. 2019. Calinski-Harabasz criterion clustering evaluation object. Available at: https://www.mathworks.com/help/stats/clustering.evaluation.calinskiharabaszevaluation-class.html (accessed 25 October 2019).

15. Fränti P., Virmajoki O. 2006 Iterative shrinking method for clustering problems. Pattern Recognition. 39 (5): 761–765.

16. Fränti P., Virmajoki O., Hautamäki V. 2006. Fast agglomerative clustering using a k-nearest neighbor graph. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 28 (11): 1875–1881.

17. Rezaei M., Fränti P. 2016. Set-matching measures for external cluster validity. IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering. 28 (8): 2173–2186.

18. Kärkkäinen I., Fränti P. 2007. Gradual model generator for single-pass clustering. Pattern Recognition. 40 (3): 784–795.

19. Calinski T., Harabasz J. 1974. A dendrite method for cluster analysis. Communications in Statistics. 3 (1): 1–27.

20. Davies D.L., Bouldin D.W. 1979. A Cluster Separation Measure. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. PAMI-1(2): 224–227.

21. Tibshirani R., Walther G., Hastie T. 2001. Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic. Journal of the Royal Statistical Society: Series B. 63 (2): 411–423.

22. Rouseeuw P.J. 1987. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. Journal of Computational and Applied Mathematics. 20 (1): 53–65.

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Фролов В.В., Слипченко С.Е., Приходько О.Ю. 2020. Метод расчета числа кластеров для алгоритма k-means. Экономика. Информатика. 47 (1): 213–225. DOI:

Frolov V.V., Slipchenko S.E., Prikhodko O.Yu. 2020. Clusters number calculating method for the k-means algorithm. Economics. Information technologies. 47 (1): 213–225 (in Russian). DOI:

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT AUTHORS

Артамонов И.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры математики и информатики Байкальского государственного университета, г. Иркутск

Ахмедова Х.Г. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)

Басов О.О., – доктор технических наук, доцент, заместитель декана факультета инфокоммуникационных технологий Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики

Бачурин С.С. – сотрудник Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации, г. Орел

Белецкая Н.М., – кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры технологии общественного питания и товароведения Белгородского университета кооперации, экономики и права

Бирюков М.В., – старший преподаватель кафедры Организации и технологии защиты информации Белгородского университета кооперации, экономики и права

Бондаренко В.А., – доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой маркетинга и рекламы ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»

Бузина Т.С., – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информатики и математического моделирования Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского

Бурданова Е.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета

Быканова Н.И., – кандидат экономических наук, доцент кафедры инновационной экономики и финансов института экономики и управления Белгородского государственного национального исследовательского университета

Ваганова О.В., – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой финансов, инвестиций и инноваций института экономики и управления Белгородского государственного национального исследовательского университета

Ванюшкин А.С., – доктор технических наук, доцент Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский Федеральный Университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь

Гаджиев Н.Г., – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой аудита и экономического анализа Дагестанского государственного университета

Головкова А.С. – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий Белгородского университета кооперации, экономики и права

Гордя Д.В., – магистр института кономики и управления Белгородского государственного национального исследовательского университета

Гостищева Т.В. – старший преподаватель кафедры Организации и технологии защиты информации Белгородского университета кооперации, экономики и права

Дадашев Б.А. – доктор экономических наук, профессор, профессор Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Севастополе»

Зубарева Н.Н. – кандидат педагогических наук, доцент, заведующая базовой кафедрой организации здравоохранения и общественного здоровья Белгородского государственного национального исследовательского университета

Иванова С.П. – кандидат экономических наук, доцент кафедры теории и практики управления института иностранных языков, современных коммуникаций и управления Московский государственный психолого-педагогический университет

Игрунова С.В., – кандидат социологических наук, доцент, доцент кафедры информационных и робототехнических систем института инженерных и цифровых технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета

Киселева О.В., – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической безопасности, анализа и учета Рязанского государственного радиотехнического университета им. В.Ф. Уткина

Климова Н.А., – старший преподаватель кафедры Организации и технологии защиты информации Белгородского университета кооперации, экономики и права

Коноваленко С.А., – кандидат экономических наук, доцент, профессор кафедры экономической безопасности Рязанского филиала Московского университета МВД России имени В.Я. Кикотя

Коньшина Л.А – магистр института кономики и управления Белгородского государственного национального исследовательского университета

Коробейников Д.А., – доцент кафедры экономической безопасности Волгоградского государственного аграрного университета

Коробейникова О.М., – доцент кафедры экономики и предпринимательства Волгоградского государственного технического университета

Королев М.В., – кандидат технических наук, доцент, преподаватель кафедры внутренних болезней медицинского института Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева

Королева Л.Ю., – старший преподаватель кафедры внутренних болезней медицинского института Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева

Лю Явэй., – аспирант педагогического института Белгородского государственного национального исследовательского университета

Максаев А.А., – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и торгового дела Краснодарского кооперативного института (филиала) АНОО ВО Центросоюза Российской Федерации «Российский университет кооперации»

Малыхина И.О. – кандидат экономических наук, доцент кафедры стратегического управления института экономики и менеджмента БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород

Московкин В.М., – доктор географических наук, профессор кафедры мировой экономики, директор Центра развития публикационной активности Белгородского государственного национального исследовательского университета

Мотиенко А.И. – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела аспирантуры, информационно-образовательных технологий и услуг Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН)

Мясоедов А.И., – бакалавр, кафедра теории и практики управления института иностранных языков, современных коммуникаций и управления Московского государственного психолого-педагогического университета

Нестеров В.Г., – кандидат медицинских наук, доцент кафедры медико-биологических наук медицинского института Белгородского государственного национального исследовательского университета

Нестерова Е.В. – кандидат экономических наук, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней и клинических информационных технологий медицинского института Белгородского государственного национального исследовательского университета

Офицеров А.И., – кандидат технических наук, сотрудник Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации, г. Орел

Пересыпкин А.П. – кандидат педагогических наук, доцент, проректор по реализации программ стратегического развития Белгородского государственного национального исследовательского университета

Пигнастый О.М. – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры распределенных информационных систем и облачных технологий Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»

Полковская М.Н. – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информатики и математического моделирования Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского

Приходько О.Ю. – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород

Румбешт В.В., – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета

Скрипкина О.В., – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической безопасности, анализа и учета Рязанского государственного радиотехнического университета им. В.Ф. Уткина

Слипченко С.Е., – старший преподаватель кафедры технологии машиностроения и металлорежущих станков Национального Технического Университета «Харьковский политехнический Институт»

Соловей Ю.А., – магистр института кономики и управления Белгородского государственного национального исследовательского университета

Соловьева Н.Е., – кандидат экономических наук, доцент кафедры инновационной экономики и финансов Белгородского государственного национального исследовательского университета

Сошина О.Н. – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры управления жилищно-коммунального хозяйства и коммунальной инфраструктуры АНОО ВО «Водная Академия», г. Санкт-Петербург

Стефанович Л.И. – профессор кафедры банковской экономики Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

Сурушкин М.А., – кандидат технических наук, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней и клинических информационных технологий Медицинского института Белгородского государственного национального исследовательского университета

Украинский П.А. – кандидат географических наук, младший научный сотрудник Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов Белгородского государственного национального исследовательского университета

Урсол Д.В. – кандидат технических наук, технический директор (СТО) РВ-СИСТЕМС (RV-SYSTEMS)

Фролов В.В., – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры теоретической и прикладной информатики Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина

Ходусов В.Д. – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической ядерной физики и высшей математики им. А.И. Ахиезера Харьковского национального университета им. В.Н.Каразина

Шумакова И.А. – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры педагогики Белгородского государственного национального исследовательского университета