

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ЭКОНОМИКА. ИНФОРМАТИКА

SCIENTIFIC JOURNAL

ECONOMICS. INFORMATION TECHNOLOGIES

2024. Том 51, № 1



ЭКОНОМИКА. ИНФОРМАТИКА

2024. Том 51, № 1

До 2020 г. 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 (1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ; 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации; 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами; 2.3.4. Управление в организационных системах; 2.3.8. Информатика и информационные процессы; 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика; 5.2.4. Финансы; 5.2.6. Менеджмент). 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. Жияков, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий института инженерных и цифровых технологий (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Заместитель главного редактора

Е.А. Стрякова, доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой прикладной экономики и экономической безопасности института экономики и управления (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Ответственные секретари

Ю.В. Лыщикова, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры прикладной экономики и экономической безопасности института экономики и управления (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

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

Члены редколлегии:

А.В. Богомолов, доктор технических наук, профессор (Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Минобороны России, Москва, Россия)

О.В. Ваганова, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой инновационной экономики и финансов института экономики и управления (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

М.В. Владыка, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры прикладной экономики и экономической безопасности, заместитель директора по научной работе института экономики и управления (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

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

В.П. Воронин, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры торгового дела и товароведения (Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия)

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

О.А. Ивацук, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой информационных и робототехнических систем (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

А.В. Коськин, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем и цифровых технологий (Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Орел, Россия)

Н.А. Кулагина, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры государственного управления, экономической и информационной безопасности, директор инженерно-экономического института (Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск, Россия)

А.С. Молчан, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры бизнес-аналитики (Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия)

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

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

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

В.М. Тумин, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры менеджмента (Московский политехнический университет, Москва, Россия)

Т.Л. Тен, доктор технических наук, профессор, проректор по цифровым технологиям и инновациям (Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза, Караганда, Казахстан)

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

ISSN 2687-0932

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 Ю.В. Ивахненко. Корректур, компьютерная верстка и оригинал-макет Ю.В. Ивахненко. Гарнитура Times New Roman, Arial Narrow, Arial. Уч.-изд. л. 27,3. Дата выхода 30.03.2024. Оригинал-макет подготовлен отделом объединенной редакции научных журналов НИУ «БелГУ». Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

- 5 **Вавилова Д.Д., Зерари Р.**
Анализ, моделирование и прогнозирование динамики валового регионального продукта на основе производственной функции
- 18 **Савенкова И.В., Добродомова Т.Н., Лыщикова Ю.В.**
Модернизация подходов и показателей оценки устойчивого развития территорий в условиях цифровизации
- 33 **Склярова Е.А.**
Определение наиболее перспективных видов экономической деятельности для развития горнодобывающей хозяйственной системы мезоуровня в условиях новых глобальных вызовов
- 45 **Юйсинь Ян, Фанюнь Су, Камышанченко Е. Н.**
Условия и перспективы развития приграничного и межрегионального торгово-экономического сотрудничества в зоне российско-китайского порубежья

ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ

- 56 **Даньков С.О.**
Перспективы инновационного развития Белгородской области с учетом принципов «умной специализации»
- 70 **Митенков А.В.**
Теория управления конфликтными противоречиями заинтересованных сторон при трансформации систем управления

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

- 83 **Кучерявенко С.А.**
Рынок образовательных продуктов и услуг высшей школы Российской Федерации: маркетинговая характеристика и тренды 2018-2024 гг.
- 93 **Селюков М.В., Шалыгина Н.П.**
Развитие внешнеторгового потенциала России как фактор обеспечения экономической безопасности государства
- 107 **Чижова Е.Н., Балабанова Г.Г.**
Резервы роста производительности труда промышленного предприятия как составляющая потенциала его развития

ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ

- 121 **Пашкова Е.Н.**
Исследование интеграционного взаимодействия кредитно-финансовых институтов на финансовом рынке

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 132 **Бузов П.А., Жихарев А.Г., Маторин С.И.**
Разработка регламента процессов СМК с использованием системно-объектного подхода
- 145 **Konstantinov I.S., Taha A.T.T., Starchenko D.N.**
SIR Model Dynamics: Insights into Epidemics and Vaccination
- 157 **Солдатов Е.С.**
Функциональное моделирование мониторинга состояния системы хранения криопродуктов на примере сжиженного природного газа

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

- 169 **Луценко В.Д., Матюшечкин Д.С.**
Интеллектуальная система автоматического подбора соусов для различных блюд на основе онтологии и логического вывода
- 178 **Явурик О.В., Петина М.А., Явурик В.В.**
О выборе параметров восстановления крупногабаритного оборудования

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 189 **Бутенко Ю.И., Солошенко К.А.**
Лексический тренажер по иностранному языку для студентов технических специальностей МГТУ им. Н.Э. Баумана
- 201 **Секерин А.В., Кудинов В.А.**
Применение автоматизированных методов и алгоритмов для идентификации идеологем новостных текстов
- 211 **Терешкин С.И., Малышевский П.В., Белова И.В., Бабкин В.А., Бабкин И.А.**
Смарт-контракты и цифровая платформа для нефтяного рынка
- 221 **Лихошерстов Р.В., Польщиков К.А., Лазарев С.А.**
Управление передачей видеопотоков в летающей беспроводной самоорганизующейся сети
- 232 **Аль-Обайди А.М.Ж., Заливин А.Н., Бабаринов С.Л.**
Локализация сенсорных узлов в беспроводных сенсорных сетях
- 241 **Сердюков В.С., Белов С.П., Орехов А.О.**
Перспективные методы повышения скорости передачи информации в каналах метеорной связи
- 250 **Болдышев А.В., Медведева А.А., Прохоренко Е.И., Гайворонская Д.И.**
Построение спектрограмм звуковых сигналов на основе субполосных представлений

ECONOMICS. INFORMATION TECHNOLOGIES

2024. Volume 51, No. 1

Until 2020, the journal was published with the name "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 (1.2.2. Mathematical Modeling Numerical Methods and Program Complexes; 2.3.1. The System Analysis, Management and Information Processing; 2.3.3. Automation and Control of Operating Processes and Manufacturing; 2.3.4. Control in Operational Systems; 2.3.8. Informatics and Information Processes; 5.2.3. Regional and sectoral economy; 5.2.4. Finance; 5.2.6. Management). 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, Professor of the Department of Information and Telecommunication Systems and Technologies, Institute of Engineering and Digital Technologies (BSU, Belgorod, Russia)

Deputy editor-in-chief

E.A. Stryabkova, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Applied Economics and Economic Security, Institute of Economics and Management (BSU, Belgorod, Russia)

Editorial assistants:

Y.V. Lyshchikova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, Institute of Economics and Management (BSU, Belgorod, Russia)

E.V. Bolgova, Candidate of technical sciences, Associate Professor 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 (Central Research Institute of the Air Force of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia)

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

M.V. Vadyka, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, Deputy Director for Research of the Institute of Economics and Management (BSU, Belgorod, Russia)

V.P. Volchikov, Doctor of Technical Sciences, Professor (Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia)

V.P. Voronin, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Trade and Commodity Science (Voronezh State University of Engineering Technology, Voronezh, Russia)

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

O.A. Ivashchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information and Robotic Systems (BSU, Belgorod, Russia)

A.V. Koskin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Information Systems and Digital Technologies (Oryol State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia)

N.A. Kulagina, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of Department of public administration, economic and information security, Director of the Engineering and Economic Institute (Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk, Russia)

A.S. Molchan, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Business Analytics (Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia)

T.V. Nikitina, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of Department of banks and financial markets and insurance, Director of the International Center for Financial Market Research (Saint-Petersburg State University of Economics, Saint-Petersburg, Russia)

A.A. Sirotka, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Processing and Protection of Information (Voronezh State University, Voronezh, Russia)

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

V.M. Tumin, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of management (Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia)

T.L. Ten, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Digital Technologies and Innovations (Karaganda Economic University of Kazpotreboysuz, Karaganda, Kazakhstan)

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)

ISSN 2687-0932

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 Y.V. Ivakhnenko. Pag Proofreading, computer imposition, page layout by Y.V. Ivakhnenko. Typeface Times New Roman, Arial Narrow, Arial. Publisher's signature 27,3. Date of publishing 30.03.2024. The layout was prepared 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 **Vavilova D.D., Zerari R.**
Analysis, Modeling and Forecasting of the Gross Regional Product Dynamics Based on the Production Function
- 18 **Savenkova I.V., Dobrodomova T.N., Lyshchikova Yu.V.**
Modernization of Approaches and Indicators for Assessing Sustainable Development of Territories in the Context of Digitalization
- 33 **Sklyarova E. A.**
Determining the Most Promising Types of Economic Activities for the Development of the Meso-Level Mining Economic System in the Context of New Global Challenges
- 45 **Yuxin Yang, Fanyun Su, Kamyshanchenko E. N.**
Conditions and Prospects for the Development of Cross-Border and Interregional Trade and Economic Cooperation in the Russian-Chinese Border Zone

INVESTMENT AND INNOVATIONS

- 56 **Dankov S.O.**
Prospects for Innovative Development of the Belgorod Region, Considering the Principles of "Smart Specialization"
- 70 **Mitenkov A.V.**
Theory of Management of Conflict Contradictions of Stakeholders in the Transformation of Management Systems

SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

- 83 **Kucheryavenko S.A.**
Market of Educational Products and Services of Higher Education in the Russian Federation: Marketing Characteristics and Trends 2018-2024
- 93 **Selyukov M.V., Shalygina N.P.**
Development of Foreign Trade Potential of Russia as a Factor of Ensuring Economic Security of the State
- 107 **Chizhova E.N., Balabanova G.G.**
Reserves for Growth of Labor Productivity of an Industrial Enterprise as a Component of Its Development Potential

FINANCES OF THE STATE AND ENTERPRISES

- 121 **Pashkova E.N.**
Study of Integration Interaction Between Credit and Financial Institutions in the Financial Market

COMPUTER SIMULATION HISTORY

- 132 **Buzov P.A., Zhikharev A.G., Matorin S.I.**
Development of Regulations for QMS Processes Using a System-Object Approach
- 145 **Konstantinov I.S., Taha A.T.T., Starchenko D.N.**
SIR Model Dynamics: Insights into Epidemics and Vaccination
- 157 **Soldatov E.S.**
Functional Modeling of Monitoring the State of Cryoprodukt Storage Systems on the Example of Liquefied Natural Gas

SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

- 169 **Lutsenko V.D., Matyushechkin D.S.**
Intelligent System for Automatic Selection of Sauces for Various Dishes Based on Ontology and Logical Inference
- 178 **Yavurik O.V., Petina M.A., Yavurik V.V.**
About Selection of Parameters for the Restoration of Large-Sized Equipment

INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

- 189 **Butenko Iu.I., Soloshenko K.A.**
Foreign Languages Lexical Exerciser for BMSTU Students in Technical Specialities
- 201 **Sekerin A.V., Kudinov V.A.**
Usage of Automated Methods and Algorithms for Identification of Ideologemes of News Texts
- 211 **Tereshkin S.I., Malyshevsky P.V., Belova I.V., Babkin V.A., Babkin I.A.**
Smart Contracts and Digital Platform for the Oil Market
- 221 **Likhoshesterov R.V., Polshchikov K.A., Lazarev S.A.**
Control of Video Stream Transmission in a Flying Ad Hoc Network
- 232 **Zalivin A.N., Al-Obaidi A.M.Zh., Babarinov S.L.**
Localization of Sensor Nodes in Wireless Sensor Networks
- 241 **Serdyukov V.S., Belov S.P., Orekhov A.O.**
Promising Methods for Increasing the Speed of Information Transmission in Meteor Communication Channels
- 250 **Boldyshev A.V., Medvedeva A.A., Prokhorenko E.I., Gaivoronskay D.I.**
Algorithm for Constructing and Analyzing Spectrograms of Audio Signals

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

УДК 330.341, 519.86

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-5-17

Анализ, моделирование и прогнозирование динамики валового регионального продукта на основе производственной функции

Вавилова Д.Д., Зерари Р.

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

Россия, 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7

E-mail: vavilova_dd@mail.ru, rayane.zerari20@gmail.com

Аннотация. Валовой региональный продукт выступает ключевым показателем социально-экономического развития и, одновременно, результатом производственного процесса на уровне региона. Математическое представление взаимосвязи результата производственного процесса с различными факторами, как правило, описывается производственной функцией. В настоящем исследовании отражена методика построения производственной функции Кобба – Дугласа для выявления зависимости валового регионального продукта от таких факторов производства, как трудовые ресурсы, производственный капитал и инвестиции. Анализ, моделирование и прогнозирование динамики валового регионального продукта выполнены на примере одного из регионов Российской Федерации – Удмуртской Республики. Статистической базой исследования выступают годовые данные по социально-экономическим показателям Удмуртской Республики за период 2000–2022 гг. Оценка параметров производственной функции показала, что в экономической системе региона присутствует дефицит трудовых ресурсов. Что касается прогноза динамики валового регионального продукта Удмуртской Республики, то до 2030 года ожидается снижение его темпа в среднем на 0,9 % в год (в сопоставимых ценах 2022 года).

Ключевые слова: валовой региональный продукт, производственный капитал, трудовые ресурсы, инвестиции, производственная функция, Удмуртская Республика

Для цитирования: Вавилова Д.Д., Зерари Р. 2024. Анализ, моделирование и прогнозирование динамики валового регионального продукта на основе производственной функции. Экономика. Информатика, 51(1): 5–17. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-5-17

Analysis, Modeling and Forecasting of the Gross Regional Product Dynamics Based on the Production Function

Diana D. Vavilova, Rayane Zerari

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

7 Studentskaya St, Izhevsk, Udmurt Republic, 426069, Russia

E-mail : vavilova_dd@mail.ru, rayane.zerari20@gmail.com

Abstract. The gross regional product is a key indicator of socio-economic development and the result of the production process at the regional level. The mathematical representation of the relationship between the result of the production process and various factors is usually described by the production function. This study reflects the methodology of constructing the Cobb-Douglas production function to identify the relationship between the gross regional product and such factors of production as labor, production capital and investment. The analysis, modeling and forecasting of the dynamics of the gross regional product are carried out on one of the regions of the Russian Federation – the Udmurt Republic. The statistical base is the annual data on socio-economic indicators of the Udmurt Republic for the period 2000-2022. As a result of the analysis of the production function, it was revealed that there is a shortage of labor resources in the economic system of the region. As for the forecast of the dynamics of the Udmurt Republic's gross regional product at comparable prices in 2022, by 2030 its rate of decline will be expected to average 0.9 % per year.

Keywords: gross regional product, productive capital, labor resources, investments, production function, Udmurt Republic

For citation: Vavilova D.D., Zerari R. 2024. Analysis, Modeling and Forecasting of the Gross Regional Product Dynamics Based on the Production Function. Economics. Information technologies, 51(1): 5–17. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-5-17

Введение

Известно, что трансформации, происходящие в государстве, требуют изменений на уровне ее регионов. Это особенно важно для Российской Федерации, состоящей из множества субъектов, каждый из которых имеет свой собственный вектор развития [Базарова, Горюнова, 2022; Егорова, Кондрашова, Шевырталов, 2022]. Если не учитывать траекторию развития региона, то принятие большинства управленческих решений в масштабе государства будет иметь негативные последствия. Таким образом, анализ и прогноз социально-экономического развития конкретного региона является особо важной задачей.

Социально-экономическое развитие региона выступает компонентом государственного регулирования, предназначенным для анализа и прогноза будущего состояния региональной экономики [Михайлова, 2022]. Ключевым показателем социально-экономического развития и, одновременно, результатом производственного процесса на уровне региона принято считать валовой региональный продукт (ВРП) [Кетова, 2007; Авдеева, 2020; Красс, Чупрынов, 2023].

На динамику ВРП оказывают влияние различные факторы производства. Оценить это влияние без математического инструментария невозможно. Математическое представление взаимосвязи результата производственного процесса с различными факторами, как правило, описывается производственной функцией [Ларин, 2020; Файзуллин, Абашева, Чиченков, 2020]. Существуют различные производственные функции, однако широкое распространение до сих пор имеет функция Кобба – Дугласа [Базилевский, 2020; Марыганова, Шапиро, 2020; Мухин, 2020]. Она представляет собой математическую модель зависимости результата производства от трудовых и производственных ресурсов.

В настоящем исследовании отражена методика построения производственной функции Кобба – Дугласа с целью выявления взаимосвязи динамики валового регионального продукта от таких факторов производства, как трудовые ресурсы, производственный капитал и инвестиции. Алгоритм построения производственной функции, а также последующий анализ и прогноз динамики валового регионального продукта выполнен на примере одного из регионов Российской Федерации – Удмуртской Республики.

Объекты и методы исследования

Для построения производственной функции региональной социально-экономической системы первоначально требуется собрать статистические данные по следующим показателям:

- валовой региональный продукт – это валовая добавленная стоимость суммарного производства товаров, работ и услуг в региональной экономике, выраженная в денежных единицах;
- численность трудовых ресурсов – это часть населения, которая способна заниматься общественно полезной деятельностью благодаря своему физическому развитию, образованию и профессионально-квалификационному уровню;
- производственный капитал – это основные производственные фонды, которые используются для производства как материальных, так и нематериальных благ, и выражаются в денежной форме;
- объем инвестиций – это долгосрочные или среднесрочные капиталовложения в производственно-хозяйственный процесс.

Информационной базой для анализа, моделирования и прогнозирования валового регионального продукта от ряда факторов послужили официальные статистические данные по Удмуртской Республике за период 2000–2022 гг. [Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики при Удмуртской Республике, 2024]. Они представлены в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Основные социально-экономические показатели Удмуртской Республики за период 2000–2022 гг. (денежные величины представлены в текущих ценах)

Main socio-economic indicators of the Udmurt Republic for the period 2000–2022
(monetary values are presented in current prices)

Год	Валовой региональный продукт, млрд руб.	Трудовые ресурсы, тыс. чел.	Производственный капитал, млрд руб.	Инвестиции, млрд руб.
2000	53,31	809,0	184,56	9,90
2001	65,55	799,8	220,65	12,08
2002	78,35	821,2	254,76	14,74
2003	89,03	808,3	278,76	17,98
2004	100,83	803,0	315,52	21,94
2005	140,00	823,0	368,30	26,87
2006	164,85	846,5	394,88	34,31
2007	205,65	838,4	484,36	44,56
2008	243,14	839,4	553,39	53,53
2009	230,94	854,8	592,06	40,45
2010	274,58	831,9	650,85	51,14
2011	335,98	837,7	753,97	62,31
2012	372,78	829,7	817,04	64,22
2013	405,13	828,4	870,23	82,67
2014	450,55	822,8	974,79	91,57
2015	518,00	820,5	1040,61	81,84
2016	570,25	806,5	1169,61	87,12
2017	592,04	788,7	1245,80	83,70
2018	679,94	781,2	1290,55	96,97
2019	722,85	761,4	2269,46	105,78
2020	684,43	769,1	2437,50	120,46
2021	841,94	759,6	2687,08	125,35
2022	909,80	738,7	2962,20	137,00

Чтобы оценить влияние факторов производства на валовой региональный продукт, используется производственная функция Кобба – Дугласа в виде [Русяк, 2003]:

$$Y = A \cdot L^{\alpha} \cdot K^{\beta}, \quad (1)$$

где Y – валовой региональный продукт (млрд руб.); L – численность трудовых ресурсов (тыс. чел.); K – используемый производственный капитал в стоимостном выражении (млрд руб.); α – коэффициент эластичности объема производства Y к изменению численности трудовых ресурсов L ; β – коэффициент эластичности объема производства Y к изменению производственного капитала K ; A – технологический коэффициент.

В указанной выше модели Кобба – Дугласа неизвестными параметрами являются коэффициенты A, α, β . Для их идентификации используется метод наименьших квадратов [Ketova, 2020], основанный на минимизации суммы квадратов отклонений модельных значений от реальных (статистических) для каждого момента времени t :

$$\sum_{t=1}^N (\hat{Y}_t - Y_t)^2 \rightarrow \min.$$

После оценки параметров производственной функции выполняется расчет показателей качества подобранной модели [Вавилова, 2020]:

- коэффициент детерминации модели: $R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N (\hat{Y}_t - Y_t)^2}{\sum_{t=1}^N (Y_t - \bar{Y})^2}$;
- средняя ошибка аппроксимации: $\bar{\delta} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{\hat{Y}_t - Y_t}{Y_t} \right| \cdot 100\%$.

В указанных выше формулах $\hat{Y}_t$ – это модельное значение уровня ряда в момент времени t , рассчитанное после оценки параметров производственной функции ($\hat{Y}_t = A \cdot L_t^\alpha \cdot K_t^\beta$). Значение Y_t – статистическое значение уровня ряда в момент времени t , $\bar{Y}$ – среднее значение уровня ряда $\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N Y_t$, N – количество наблюдений.

Результаты и их обсуждение

1. Алгоритм построения производственной функции Кобба – Дугласа

Для моделирования динамики валового регионального продукта Удмуртской Республики с использованием производственной функции показатели, выраженные в денежной форме в табл. 1, приведены к сопоставимым ценам 2022 года. Для этого использован индекс-дефлятор [Федеральная служба государственной статистики, 2024]. Приведенные к ценам 2022 года показатели отражены в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Основные социально-экономические показатели Удмуртской Республики
за период 2000–2022 гг. (в сопоставимых ценах 2022 года)
Main socio-economic indicators of the Udmurt Republic for the period 2000–2022
(in comparable 2022 prices)

Год (t)	ВРП в ценах 2022 года, млрд руб. (Y_t)	Производственный капитал в ценах 2022 года, млрд руб. (K_t)	Инвестиции в ценах 2022 года, млрд руб. (I_t)
2000	553,578	1916,590	102,853
2001	584,368	1967,100	107,715
2002	604,106	1964,444	113,664
2003	603,374	1889,124	121,876
2004	568,107	1777,690	123,617
2005	661,117	1739,302	126,917
2006	675,943	1619,167	140,692
2007	740,951	1745,175	160,568
2008	742,644	1690,328	163,522
2009	691,600	1773,090	121,137
2010	720,125	1706,978	134,144
2011	760,192	1705,921	140,983
2012	774,463	1697,421	133,420
2013	799,143	1716,604	163,089
2014	826,813	1788,870	168,044
2015	886,338	1780,577	140,045
2016	948,764	1945,952	144,960
2017	934,986	1967,453	132,193
2018	976,196	1852,861	139,233
2019	1005,004	3155,330	147,071
2020	943,121	3358,803	165,994
2021	975,001	3111,765	145,166
2022	909,800	2962,204	137,003

Производственная функция Кобба – Дугласа (1) представляет собой степенную функцию мультипликативного вида. Оценим ее параметры в предположении, что $\alpha + \beta = 1$, т. е. что отдача от масштаба производства постоянна [Айвазян, Мхитарян, 2008]. В этом случае функция (1) примет вид:

$$\frac{Y}{L} = A \cdot \left(\frac{K}{L} \right)^{\beta}. \quad (2)$$

Далее прологарифмируем правую и левую часть уравнения (2):

$$\ln \left(\frac{Y}{L} \right) = \ln A + \beta \cdot \ln \left(\frac{K}{L} \right), \quad (3)$$

и введем замены: $y = \ln \left(\frac{Y}{L} \right)$, $a = \ln A$, $k = \ln \left(\frac{K}{L} \right)$. После замен функция (3) будет выглядеть следующим образом, где a, β – неизвестные параметры, требующие идентификации:

$$y = a + \beta \cdot k. \quad (4)$$

Результаты расчета показателей по Удмуртской Республике для оценки параметров модели (4) приведены в табл. 3.

Таблица 3

Table 3

Результаты расчета показателей для оценки параметров производственной функции
Удмуртской Республики за период 2000–2022 гг.

Results of calculation of indicators for assessing the parameters of the production function
of the Udmurt Republic for the period 2000–2022

Год (t)	ВРП, млрд руб. (Y_t)	Трудовые ресурсы, тыс. чел. (L_t)	Производ- ствен- ный капитал, млрд руб. (K_t)	ВРП на одного работающего, млн руб./чел. ($\frac{Y}{L}$) _{t}	Фондовоору- женность, млн руб./чел. ($\frac{K}{L}$) _{t}	$y_t = \ln \left(\frac{Y}{L} \right)_t$	$k_t = \ln \left(\frac{K}{L} \right)_t$
2000	553,578	809,0	1916,590	0,684	2,369	-0,379	0,862
2001	584,368	799,8	1967,100	0,730	2,459	-0,313	0,899
2002	604,106	821,2	1964,444	0,735	2,392	-0,307	0,872
2003	603,374	808,3	1889,124	0,746	2,337	-0,292	0,848
2004	568,107	803,0	1777,690	0,707	2,213	-0,346	0,794
2005	661,117	823,0	1739,302	0,803	2,113	-0,219	0,748
2006	675,943	846,5	1619,167	0,798	1,912	-0,225	0,648
2007	740,951	838,4	1745,175	0,883	2,081	-0,123	0,733
2008	742,644	839,4	1690,328	0,884	2,013	-0,122	0,699
2009	691,600	854,8	1773,090	0,809	2,074	-0,211	0,729
2010	720,125	831,9	1706,978	0,865	2,051	-0,144	0,718
2011	760,192	837,7	1705,921	0,907	2,036	-0,097	0,711
2012	774,463	829,7	1697,421	0,933	2,045	-0,068	0,715
2013	799,143	828,4	1716,604	0,964	2,072	-0,035	0,728
2014	826,813	822,8	1788,870	1,004	2,174	0,004	0,776
2015	886,338	820,5	1780,577	1,080	2,170	0,077	0,774
2016	948,764	806,5	1945,952	1,176	2,412	0,162	0,880
2017	934,986	788,7	1967,453	1,185	2,494	0,170	0,914
2018	976,196	781,2	1852,861	1,249	2,371	0,222	0,863
2019	100,004	761,4	3155,330	1,319	4,144	0,277	1,421
2020	943,121	769,1	3358,803	1,226	4,367	0,203	1,474
2021	975,001	759,6	3111,765	1,283	4,096	0,249	1,410
2022	909,800	738,7	2962,204	1,231	4,010	0,208	1,388

Производственная функция Кобба – Дугласа, построенная для социально-экономической системы Удмуртской Республики, параметры которой определены методом наименьших квадратов, имеет вид в линейной форме – (5), в степенной форме – (6):

$$\hat{y}_t = -0,51 + 0,52 \cdot k_t; \quad (5)$$

$$\hat{Y}_t = 0,59 \cdot L_t^{0,48} \cdot K_t^{0,52}. \quad (6)$$

При этом коэффициент детерминации как модели (5), так и модели (6) составляет $R^2 = 0,74$, средняя относительная погрешность аппроксимации равна $\bar{\delta} = 8,82\%$.

Проанализируем параметры производственной функции Кобба – Дугласа для Удмуртской Республики (6).

Значение коэффициента $A = 0,59$ показывает, что в регионе за рассматриваемый период наблюдается невысокий уровень технологического развития.

Коэффициент эластичности по трудовым ресурсам $\alpha = 0,48$ отражает факт, что при росте численности трудовых ресурсов на 1 % валовой региональный продукт увеличивается в среднем на 0,48 %.

Коэффициент эластичности по производственному капиталу $\beta = 0,52$ показывает, что увеличение используемых производственных фондов в регионе на 1 % приводит к увеличению объема выпускаемой продукции, работ и услуг в среднем на 0,52 %.

Если проанализировать соотношение коэффициентов эластичности по факторам производства, то получится величина $\frac{\alpha}{\beta} = 0,92$. По данному соотношению можно сделать вывод, что в социально-экономической системе Удмуртской Республики присутствует дефицит трудовых ресурсов.

На рис. 1 представлены статистические данные (в виде точек) и модельные значения (в виде построенной кривой) зависимости ВРП на одного работающего $\left(\frac{Y}{L}\right)$ от фондовооруженности $\left(\frac{K}{L}\right)$.

Далее, чтобы построить прогноз динамики валового регионального продукта на основе производственной функции (6), необходимо располагать информацией о тенденциях изменения факторов производства, а именно о фактической и прогнозной динамике трудовых ресурсов и производственного капитала.

2. Анализ и прогноз численности трудовых ресурсов.

Для анализа и прогноза динамики трудовых ресурсов Удмуртской Республики построены трендовые модели. Результаты моделирования приведены в табл. 4.

Согласно показателям качества трендовых моделей, наилучшей моделью для описания динамики трудовых ресурсов является кубическая трендовая модель (см. рис.2). Среди всех моделей она обладает наибольшим коэффициентом детерминации $R^2 = 0,894$ и наименьшей ошибкой аппроксимации $\bar{\delta} = 0,96\%$.

По рис. 2 видно, что динамика трудовых ресурсов Удмуртской Республики за изучаемый период 2000–2022 гг. имеет «волнообразный характер». Наибольшая численность трудовых ресурсов зафиксирована в 2009 г. – 854,8 тыс. чел., наименьшая – была в 2022 г. – с показателем 738,7 тыс. чел. По прогнозу ожидается, что численность трудовых ресурсов будет к 2025 году на уровне 697,2 тыс. чел., к 2030 году – 621,3 тыс. чел.

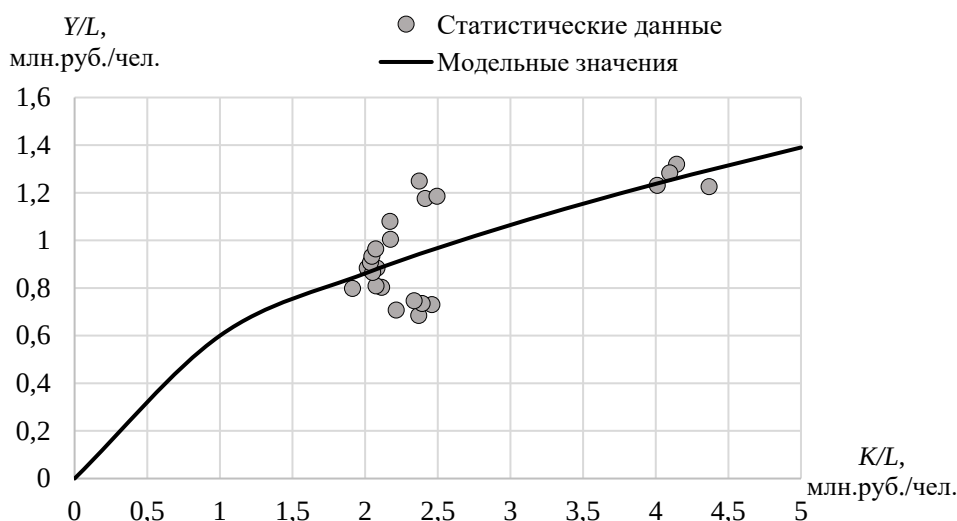


Рис. 1. Зависимость ВРП на одного работающего $\left(\frac{Y}{L}\right)$ от фондовооруженности $\left(\frac{K}{L}\right)$

для Удмуртской Республики по данным за период 2000-2022 годы

Fig. 1. Dependence of GRP per worker $\left(\frac{Y}{L}\right)$ on the capital-labor ratio $\left(\frac{K}{L}\right)$

for the Udmurt Republic according to data for the period 2000-2022

Примечание. Расчеты авторов

Таблица 4

Table 4

Трендовые модели динамики трудовых ресурсов Удмуртской Республики, построенные по данным за период 2000–2022 гг.

Trend models of the dynamics of labor resources in the Udmurt Republic, constructed according to data for the period 2000-2022

№	Вид модели тренда	Модель тренда	Коэффициент детерминации (R^2)	Ошибка аппроксимации ($\bar{\delta}$), %
1	Линейный	$\hat{L}_t = 843,8 - 2,6 \cdot t$	0,331	2,58
2	Логарифмический	$\hat{L}_t = 845,4 - 14,1 \cdot \ln t$	0,117	2,89
3	Квадратический	$\hat{L}_t = 777,4 + 12,3 \cdot t - 0,6 \cdot t^2$	0,889	0,99
4	Кубический	$\hat{L}_t = 767,6 + 16,1 \cdot t - 1,0 \cdot t^2 + 0,001 \cdot t^3$	0,894	0,96
5	Степенной	$\hat{L}_t = 846,6 \cdot t^{-0,018}$	0,121	2,91
6	Экспоненциальный	$\hat{L}_t = 844,6 \cdot e^{-0,003t}$	0,337	2,60

3. Анализ и прогноз динамики производственного капитала

Построение трендовых моделей для прогноза динамики социально-экономических временных рядов не всегда приводит к адекватным результатам. В частности, можно отметить высокую ошибку аппроксимации трендовых моделей и наличие статистической закономерности в остатках. Для того, чтобы их избежать исследователи используют авторегрессионные модели $ARIMA(p, q)$: здесь p – порядок авторегрессионного процесса, q – лаг для модели скользящего среднего. В авторегрессионных моделях текущее значение временного ряда, помимо основных факторов, зависит еще и от предыдущих значений, выступающих, в свою очередь, объясняющими переменными [Айвазян, Мхитарян, 2008; Айвазян, Афанасьев, Кудров, 2019].

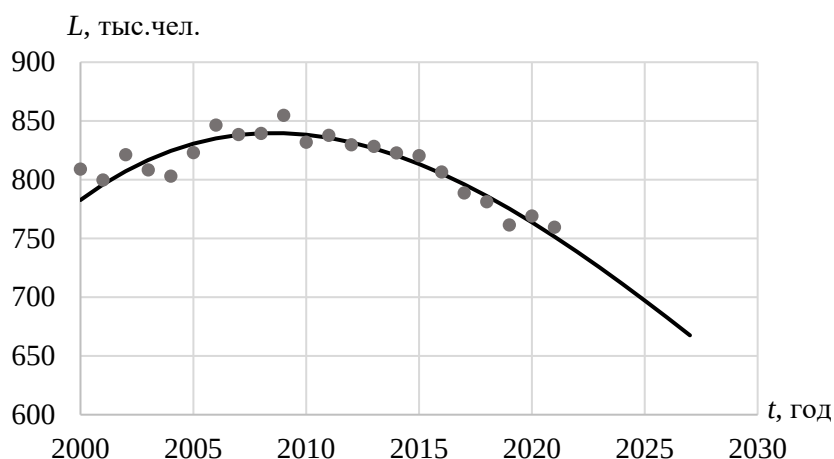


Рис. 2. Динамика трудовых ресурсов Удмуртской Республики и их прогноз по кубической модели тренда

Fig. 2. Dynamics of labor resources in the Udmurt Republic and their forecast according to the cubic trend model

Примечание. Расчеты авторов

Исходя из вышеуказанного, логично использовать авторегрессионную модель для моделирования производственного капитала. Производственный капитал формируется за счет капиталовложений и одновременно не исчезает, а постепенно в течение длительного периода переносит свою стоимость на создаваемую продукцию в виде амортизационных отчислений [Самарский, 2018]. Таким образом, величина производственного капитала носит накопительный характер – зависит от величины в предыдущие периоды и от новых инвестиций в него.

Для анализа и прогноза динамики производственного капитала Удмуртской Республики нами предлагается использовать авторегрессионную модель первого порядка в виде:

$$\hat{K}_t = b_0 + b_1 \cdot K_{t-1} + b_2 \cdot I_{t-1}, \quad (7)$$

где $\hat{K}_t$ – модельное значение величины производственного капитала в момент времени t ; K_{t-1} – величина производственного капитала в момент времени $(t-1)$; I_{t-1} – объем инвестиций в момент времени $(t-1)$; b_0, b_1, b_2 – неизвестные параметры авторегрессионной модели.

Поскольку в модели (7) учитываются инвестиции, то первоначально рассмотрим их динамику. Для анализа и прогноза динамики инвестиций в производственный капитал Удмуртской Республики построены трендовые модели. Результаты моделирования приведены в табл. 5.

Таблица 5

Table 5

Трендовые модели динамики инвестиций Удмуртской Республики, построенные по данным за период 2000–2022 гг. (в ценах 2022 года)

Trend models of investment dynamics in the Udmurt Republic, constructed according to data for the period 2000–2022 (in 2022 prices)

№	Вид модели тренда	Модель тренда	Коэффициент детерминации (R^2)	Ошибка аппроксимации (δ), %
1	Линейный	$\hat{I}_t = -130,7 + 0,8 \cdot t$	0,093	7,60
2	Логарифмический	$\hat{I}_t = -107,6 + 13,4 \cdot \ln t$	0,134	5,88
3	Квадратический	$\hat{I}_t = 96,4 - 5,8 \cdot t - 0,16 \cdot t^2$	0,405	5,43
4	Кубический	$\hat{I}_t = -100,3 - 4,9 \cdot t - 0,09 \cdot t^2 - 0,002 \cdot t^3$	0,201	5,50
5	Степенной	$\hat{I}_t = 110,5 \cdot t^{0,096}$	0,152	5,94
6	Экспоненциальный	$\hat{I}_t = 130,3 \cdot e^{0,006 \cdot t}$	0,107	7,50

Согласно показателям качества трендовых моделей, представленным в табл. 5, наилучшей моделью для описания динамики инвестиций является квадратичная трендовая модель (см. рис. 3). Среди всех моделей она обладает наибольшим коэффициентом детерминации $R^2 = 0,405$ и наименьшей ошибкой аппроксимации $\bar{\delta} = 5,43\%$.

Инвестиции в производственный капитал Удмуртской Республики в ценах 2022 года показывают динамику роста: с 102,8 млрд руб. в 2000 году до 137,0 млрд руб. в 2022 году. Средний ежегодный темп прироста инвестиций за период 2000–2022 составил 1,9 %. По прогнозу к 2025 году ожидается объем инвестиций на уровне 136,5 млрд руб., к 2030 году – 108,3 млрд руб.

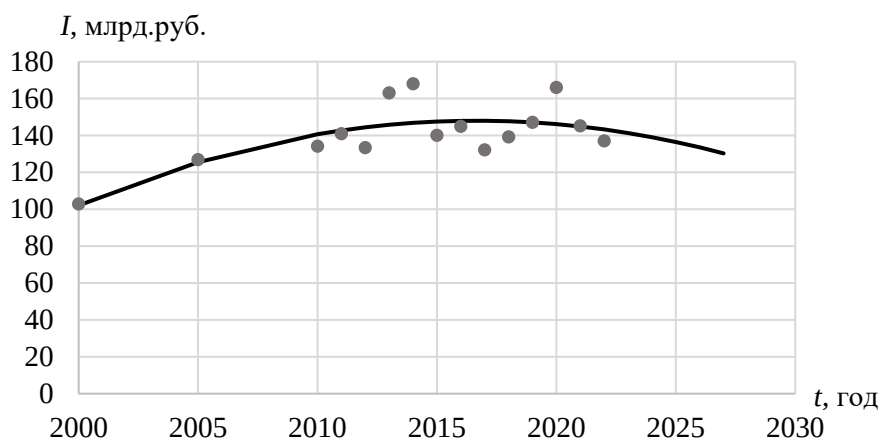


Рис. 3. Динамика инвестиций в производственный капитал Удмуртской Республики и их прогноз по квадратичной модели

Fig. 3. Dynamics of investment in productive capital of the Udmurt Republic and their forecast using a quadratic model

Примечание. Расчеты авторов

Результаты моделирования динамики инвестиций в производственный капитал используются для моделирования динамики величины производственного капитала. После оценки параметров авторегрессионной модели с учетом инвестиций получена модель:

$$\hat{K}_t = 55,0 + 0,89 \cdot K_{t-1} + 1,44 \cdot I_{t-1}. \quad (8)$$

Коэффициент детерминации модели (8) равен $R^2 = 0,708$. Средняя относительная погрешность аппроксимации составила $\bar{\delta} = 4,52\%$.

Динамика производственного капитала Удмуртской Республики и его прогноз по авторегрессионной модели первого порядка с учетом инвестиций (8) представлен на рис. 4.

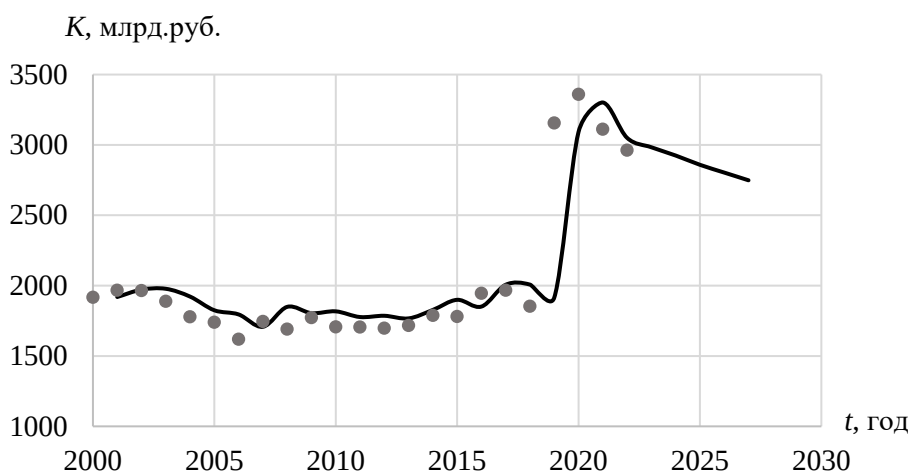


Рис. 4. Динамика производственного капитала Удмуртской Республики и его прогноз по авторегрессионной модели первого порядка с учетом инвестиций

Fig. 4. Dynamics of productive capital of the Udmurt Republic and its forecast according to a first-order autoregressive model taking into account investments

Примечание. Расчеты авторов

Производственный капитал показывает динамику роста: с 1916,5 млрд руб. в 2000 году до 2962,2 млрд руб. в 2022 году. Средний ежегодный темп прироста производственного капитала за период 2000–2022 составил 2,9 %. По прогнозу к 2025 году ожидается величина производственного капитала на уровне 2858,6 млрд руб., к 2030 году – 2559,8 млрд руб.

4. Анализ и прогноз динамики валового регионального продукта

Для прогнозирования динамики валового регионального продукта Удмуртской Республики на T – периодов вперед используется производственная функция вида (6), а также прогнозная динамика факторов производства – численности трудовых ресурсов и величины производственного капитала с учетом динамики инвестиций: $\hat{Y}_{t+T} = 0,59 \cdot \hat{L}_{t+T}^{0,48} \cdot \hat{K}_{t+T}^{0,52}$.

Прогнозные значения трудовых ресурсов, производственного капитала и валового регионального продукта Удмуртской Республики на период 2023–2030 гг. представлены в табл. 6.

Таблица 6

Table 6

Прогнозные значения трудовых ресурсов, производственного капитала и валового регионального продукта Удмуртской Республики на период 2023–2030 гг.

Forecast values of labor resources, production capital and gross regional product of the Udmurt Republic for the period 2023–2030

Прогнозный год ($t + T$)	Прогноз трудовых ресурсов, тыс. чел. ($\hat{L}_{t+T}$)	Прогноз производственного капитала, млрд руб. ($\hat{K}_{t+T}$)	Прогноз ВРП, млрд руб. ($\hat{Y}_{t+T}$)
2023	725,333	2983,193	892,779
2024	711,454	2924,593	875,460
2025	697,144	2858,658	856,744
2026	682,466	2803,523	839,492
2027	667,480	2748,554	822,084
2028	652,249	2686,505	803,430
2029	636,835	2623,732	784,554
2030	621,300	2559,768	765,422

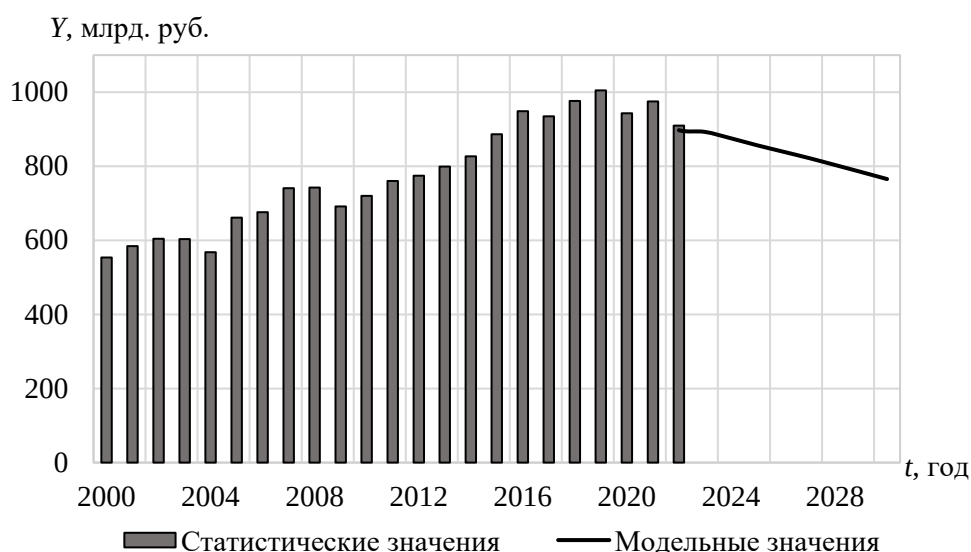


Рис. 5. Фактическая динамика ВРП за период 2000–2022 гг. и его прогноз для Удмуртской Республики до 2030 года в сопоставимых ценах 2022 года

Fig. 5. The actual dynamics of GRP for the period 2000–2022 and its forecast for the Udmurt Republic until 2030 at comparable prices in 2022

Примечание. Расчеты авторов

На рис. 5 показаны статистические значения валового регионального продукта Удмуртской Республики за период 2000–2022 гг., а также модельные прогнозируемые значения, полученные по производственной функции Кобба – Дугласа, в ценах 2022 года. Согласно прогнозу, валовой региональный продукт в Удмуртской Республике к 2025 году составит 856,7 млрд руб., что на 5,8 процента ниже, чем в 2022 году. До 2030 года ожидается его темп снижения в среднем на 0,9 % в год (в сопоставимых ценах 2022 года).

Заключение

В статье представлена методика построения производственной функции Кобба – Дугласа для выявления зависимости валового регионального продукта от таких факторов производства, как трудовые ресурсы, производственный капитал и инвестиции. Оценка параметров производственной функции выполнена для социально-экономической системы Удмуртской Республики по официальным статистическим данным, представленным Росстатом. Анализируемый период данных – 2000–2022 годы; денежные показатели приведены к сопоставимым ценам 2022 года с учетом индекса-дефлятора.

На основе производственной функции построен прогноз динамики валового регионального продукта Удмуртской Республики до 2030 года с учетом тенденций изменения факторов производства. По прогнозу к 2030 году ожидается, что численность трудовых ресурсов в регионе будет на уровне 621,3 тыс. чел., величина производственного капитала составит 2559,8 млрд руб., объем инвестиций – 108,3 млрд руб. Ошибка прогнозирования данных показателей варьируется в диапазоне от 1,0 % до 5,5 %. С учетом этой прогнозной динамики, вплоть до 2030 года, прогнозируется снижение величины валового регионального продукта Удмуртской Республики в среднем на 0,9 % в год в сопоставимых ценах 2022 года.

Чтобы избежать отрицательной динамики изменения валового регионального продукта, необходимо принимать меры. Во-первых, увеличивать внедрение в производственные процессы эффективных технологий: их недостаточный уровень демонстрирует технологический коэффициент производственной функции Кобба – Дугласа. Во-вторых, повышать фондовооруженность предприятий за счет роста величины производственного капитала. В-третьих, что, на наш взгляд, является наиболее весомым фактором роста валового регионального продукта – это увеличение количества и качества трудовых ресурсов. Об этом свидетельствуют коэффициенты эластичности производственной функции, в результате анализа которых выявлено, что в социально-экономической системе Удмуртской Республики присутствует дефицит трудовых ресурсов.

Список источников

- Айвазян С.А., Мхитарян В.С. 2008. Прикладная статистика и основы эконометрики. М., ЮНИТИ, 1005 с.
- Красс М.С., Чупрынов Б.П. 2023. Математические методы и модели для магистрантов экономики. СПб., Питер, 541 с.
- Марыганова Е.А., Шапиро С.А. Макроэкономика. 2020. Экспресс-Курс. М., КНОРУС, 361 с.
- Самарский А.А. 2018. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. М., Физматлит, 320 с.
- Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики при Удмуртской Республике. Режим доступа: <https://udmstat.gks.ru/ofstatistics/> (дата обращения 10.01.2024).
- Федеральная служба государственной статистики. Национальные счета. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts> (дата обращения 10.01.2024).

Список литературы

- Авдеева Ю.А. 2020. Построение производственных функций в масштабах России на основе линейных и нелинейных моделей. Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований, 8: 104–108.

- Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю. Кудров А.В. 2019. Индикаторы основных направлений социально-экономического развития и их агрегаты в пространстве характеристик региональной дифференциации. Прикладная эконометрика, 54: 51–69.
- Базарова Э.В., Горюнова Л.А. 2022. Цифровая экономика и социально-экономическое развитие региона. Бизнес. Образование. Право, 4(61): 178–181.
- Базилевский М.П. 2020. Метод построения неэлементарных производственных функций Кобба – Дугласа. Прикладная математика и вопросы управления, 1: 102–115.
- Вавилова Д.Д. 2020. Нейросетевая модель прогнозирования человеческого капитала. Интеллектуальные системы в производстве, Т. 18, 1: 26–35.
- Дюсеменов Д.С., Тюменцев Е.А. 2022. Сравнительный анализ рекуррентных нейронных сетей и модели авторегрессии ARIMA при прогнозировании нестационарных временных рядов. Прикладная математика и фундаментальная информатика, 9 (4): 33–41.
- Егорова Л.И., Кондрашова А.В., Шевырталов Я.А. 2022. Экономико-экологические векторы развития регионов: проблемы и перспективы. Экономика: теория и практика, 3 (67): 15–19.
- Кетова К.В. 2007. Об одной задаче макроэкономической динамики региона с учетом факторов экономического развития. Вестник Ижевского государственного технического университета, (35): 33–40.
- Ларин В.О. 2020. Построение производственных функций экономической системы региона. Дневник науки, 6 (42): 27–40.
- Михайлова А.В. 2022. Влияние экономических санкций на социально-экономическое развитие регионов ДФО Российской Федерации. Региональная экономика и управление: электронный научный журнал, 3(71): 7117.
- Мухин А.А. 2020. Использование функции Кобба – Дугласа при моделировании производственных процессов. Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право, Т. 30, 6: 822–829.
- Русяк И.Г. 2003. Об одной задаче управления демоэкономическим состоянием региона. Интеллектуальные системы в производстве, 2: 151–160.
- Файзуллин Р.В., Абашева О.В., Чиченков И.И. 2020. Конкурентные преимущества использования интеллектуального капитала. Вестник университета, 6: 55–62.
- Ketova K.V. 2020. Modelling a human capital of an economic system with neural networks. Journal of Physics: Conference Series, 012035.

References

- Avdeeva Yu.A. 2020. Construction of production functions on a Russian scale based on linear and nonlinear models. A new word in science and practice: hypotheses and testing of research results, 8: 104–108. (in Russian)
- Ayvazyany S.A., Afanasyev M.Yu. Kudrov A.V. 2019. Indicators of the main directions of socio-economic development and their aggregates in the space of characteristics of regional differentiation. Applied econometrics, 54: 51–69. (in Russian)
- Bazarova E.V., Goryunova L.A. 2022. Digital economy and socio-economic development of the region. Business. Education. Law, 4(61): 178–181. (in Russian)
- Bazilevsky M.P. 2020. Method for constructing non-elementary Cobb-Douglas production functions. Applied mathematics and management issues, 1: 102–115. (in Russian)
- Vavilova D.D. 2020. Neural network model for human capital forecasting. Intelligent systems in production, Vol. 18, 1: 26–35. (in Russian)
- Dyusekenov D.S., Tyumentsev E.A. 2022. Comparative analysis of recurrent neural networks and the ARIMA autoregression model in predicting nonstationary time series. Applied Mathematics and Fundamental Computer Science, 9 (4): 33–41. (in Russian)
- Egorova L.I., Kondrashova A.V., Shevyrtalov Ya.A. 2022. Economic and environmental vectors of regional development: problems and prospects. Economics: Theory and Practice, 3 (67): 15–19. (in Russian)
- Ketova K.V. 2007. On one problem of macroeconomic dynamics of the region taking into account factors of economic development. Bulletin of Izhevsk State Technical University, (35): 33–40. (in Russian)
- Larin V.O. 2020. Construction of production functions of the regional economic system. Diary of Science, 6 (42): 27–40. (in Russian)
- Mikhailova A.V. 2022. The impact of economic sanctions on the socio-economic development of the regions of the Far Eastern Federal District of the Russian Federation. Regional economics and management: electronic scientific journal, 3(71): 7117. (in Russian)

- Mukhin A.A. 2020. Using the Cobb-Douglas function in industrial process modeling. Bulletin of Udmurt University. Series Economics and Law, Vol. 30, 6: 822–829. (in Russian)
- Rusyak I.G. 2003. About one problem of managing the demo-economic state of the region. Intelligent systems in production, 2: 151–160. (in Russian)
- Faizullin R.V., Abasheva O.V., Chichenkov I.I. 2020. Competitive advantages of using intellectual capital. University Bulletin, 6: 55–62. (in Russian)
- Ketova K.V. 2020. Modeling a human capital of an economic system with neural networks. Journal of Physics: Conference Series, 012035.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 09.02.2024

Поступила после рецензирования 26.02.2024

Принята к публикации 29.02.2024

Received February 09, 2024

Revised February 26, 2024

Accepted February 29, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Вавилова Дайана Дамировна, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия

Зерари Раян, магистрант кафедры прикладной математики и информационных технологий, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Diana D. Vavilova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Information Technologies, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

Rayane Zerari, master's student of the Department of Applied Mathematics and Information Technologies, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia



УДК 332:004

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-18-32

Модернизация подходов и показателей оценки устойчивого развития территорий в условиях цифровизации

¹Савенкова И.В., ²Добродомова Т.Н., ²Лыщикова Ю.В.

¹Управление Федерального казначейства по Ростовской области
Россия, 344019, г. Ростов-на-Дону, пл. Свободы, 7/2

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: sev-572@mail.ru, dobrodomova_t@bsu.edu.ru, lyshchikova@bsu.edu.ru

Аннотация. Современные условия всех сфер деятельности территорий находятся на новом этапе развития, перспективы которых связаны с их цифровизацией. Одним из основных инструментов для устойчивого развития территорий и даже выхода их из кризисной ситуации является применение цифровых технологий. Целью данного исследования является изучение существующих подходов и показателей оценки устойчивого развития территорий в условиях цифровизации. В основу исследования положен системный подход, который обусловил применение общенаучных методов (диалектической логики, индукции, дедукции, анализа и синтеза), а также экономико-математического, сравнительного, динамического методов исследования, корреляционно-регрессионного анализа. В ходе исследования авторами проанализировано устойчивое развитие Центрально-Черноземного макрорегиона на основе применения стандартизованных значений показателей по трем сферам: социальной, экономической и экологической; проанализирована структура затрат на внедрение и использование цифровых технологий в регионах и выявлено их влияние на один из главных показателей экономической сферы – размер валового регионального продукта. Внедрение цифровизации в развитие территорий предполагает и ее оценку. Так для оценки цифровизации применяется уровень цифровой зрелости, который охватывает пять секторов экономики: общественный транспорт, образование, здравоохранение, государственное управление и развитие городской среды. Результаты исследования позволили оценить уровень устойчивого развития регионов Центрально-Черноземного макрорегиона и влияние на него внедрения цифровых технологий, изучить цифровую зрелость регионов и России в целом.

Ключевые слова: устойчивое развитие, развитие территории, регион, цифровые технологии, затраты на цифровые технологии, цифровая зрелость

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01636, <https://rscf.ru/project/23-28-01636/>

Для цитирования: Савенкова И.В., Добродомова Т.Н., Лыщикова Ю.В. 2024. Модернизация подходов и показателей оценки устойчивого развития территорий в условиях цифровизации. Экономика. Информатика, 51(1): 18–32. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-18-32

Modernization of Approaches and Indicators for Assessing Sustainable Development of Territories in the Context of Digitalization

¹Irina V. Savenkova, ²Tatyana N. Dobrodomova, ²Julia V. Lyshchikova

¹Department of the Federal Treasury for the Rostov Region
7/2 pl. Svobody, Rostov-on-Don, 344019, Russia

²Belgorod State National Research University,
85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: sev-572@mail.ru, dobrodomova_t@bsu.edu.ru, lyshchikova@bsu.edu.ru

Abstract. The current conditions of all spheres of activity of the territories are at a new stage of development, the prospects of which are related to their digitalization. One of the main tools for the sustainable development of territories and even their way out of a crisis situation is the use of digital technologies. The purpose of this study is to examine existing approaches and indicators for assessing the

sustainable development of territories in the context of digitalization. The research is based on a systematic approach, which led to the use of general scientific methods (dialectical logic, induction, deduction, analysis and synthesis), as well as economic and mathematical, comparative, dynamic research methods, correlation and regression analysis. In the course of the study, the authors analyzed the sustainable development of the Central Chernozem macroregion based on the application of standardized values of indicators in three areas: social, economic and environmental; analyzed the cost structure for the introduction and use of digital technologies in the regions and revealed their impact on one of the main indicators of the economic sphere – the size of the gross regional product. The introduction of digitalization in the development of territories also involves its assessment. Thus, the level of digital maturity is used to assess digitalization, which covers five sectors of the economy: public transport, education, healthcare, public administration and urban development. The results of the study made it possible to assess the level of sustainable development of the regions of the Central Chernozem macro-region and the impact of the introduction of digital technologies on it, to study the digital maturity of the regions and Russia as a whole.

Keywords: sustainable development, territory development, region, digital technologies, digital technology costs, digital maturity

Acknowledgements: the research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 23-28-01636, <https://rscf.ru/project/23-28-01636/>

For citation: Savenkova I.V., Dobrodomova T.N., Lyshchikova Yu.V. 2024. Modernization of Approaches and Indicators for Assessing Sustainable Development of Territories in the Context of Digitalization. Economics. Information technologies, 51(1): 18–32. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-18-32

Введение

Современный мир сегодня настроен на глобальную цифровизацию во всех сферах общественной жизни, не обошло стороной это и нашу страну. Цифровизация очень быстро ворвалась в жизнь населения России, особенно активно это внедрение стало происходить во время пандемии COVID–19.

Повсеместное внедрение цифровых технологий во всех сферах общественной жизни позволяет получить и облегчить доступ как к образованию, здравоохранению, транспортным услугам, так и финансовым услугам отдельных регионов и страны в целом, что в свою очередь способствует устойчивому развитию территорий.

Вопросами, затрагивающими устойчивое развитие территорий в условиях цифровизации, занимались многие ученые [Горлов, Ильичева, 2018; Добrodomova, Ахтырская, Коденко, 2020; Добrodomova, Савенкова, Коваленко, Васильев, 2023; Ланьшина, Баринова, Кондратьев, Романцов, 2020; Лыщикова, Стрябкова, 2022; Мамбетова, Сулумов, 2021; Третьякова, Осипова, 2018].

Учитывая актуальность исследуемой проблематики, несмотря на имеющиеся научные исследования, вопрос об устойчивом развитии территорий в условиях цифровизации, проработан недостаточно полно и требует более тщательного изучения.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования выступают пять областей Центрально-Черноземного макрорегиона. В основу исследования положен системный подход, который обусловил применение общенаучных методов (диалектической логики, индукции, дедукции, анализа и синтеза), а также экономико-математического, сравнительного, динамического методов исследования, корреляционно-регрессионного анализа.

Результаты и их обсуждение

В современных условиях развития глобальным направлением развития как в мире, так и на территории России является внедрение цифровизации, которая активно оказывает

влияние на все сферы жизни, что способствует развитию производства и бизнеса, повышению уровня и качества жизни населения [Горлов, Ильичева, 2018].

Для нормативно-правового регулирования и продвижения цифровых технологий, а также для создания целостной и эффективной системы использования цифровых и информационных технологий правительством России разработаны и введены в практику федеральная программа «Цифровая экономика» и Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы. Так, повсеместно стали применяться электронный документооборот, онлайн-продажи товаров и услуг, удаленное управление и контроль деятельности предприятия. Электронный документооборот позволяет моментально обмениваться всеми документами, как внутри отдельно взятого предприятия, так и для налаживания внешних его связей, что позволяет как управлять, так и контролировать все процессы деятельности предприятия.

Процессы цифровизации активно оказывают влияние не только на предприятия, но и на отдельно взятого человека, теперь есть возможность получения многих услуг в электронном виде, а онлайн-торговля и наличие маркет-плейсов стали неотъемлемой частью жизни современного человека. Иными словами, можно сказать, что сегодня наблюдается внедрение современных цифровых технологий во все сферы жизни и производства. Основные направления цифровизации представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Основные направления цифровизации
Fig. 1. The main directions of digitalization

Согласно данным рисунка 1 видно, что цифровые технологии появились и продолжают развиваться во всех сферах жизни, они не ограничиваются только лишь экономикой, а позволяют улучшить качество жизни людей, повысить конкурентоспособность промышленных и торговых предприятий, упростить доступ к клиентам для малого и среднего бизнеса и даже полностью поменять модель взаимоотношений людей и государства.

Все это в целом оказывает огромное влияние на внедрение и развитие цифровизации как отдельных регионов, так и страны в целом, позволит создать условия для высокотехнологичного бизнеса, повысит конкурентоспособность страны на глобальном рынке, укрепит национальную безопасность и повысит качество жизни людей. Так, одним из главных направлений цифровой экономики, которое обеспечивает устойчивое развитие регионов, является цифровизация социальной и экономической сферы территорий.

Об устойчивом развитии активно стали говорить в конце двадцатого века. В настоящее время под устойчивым развитием понимается сбалансированное управление тремя сферами: экономикой, социальной сферой и окружающей средой. То есть это совокупность мероприятий, которые позволят создать безопасные и комфортные условия жизни людей, снизить отрицательные воздействия на окружающую среду и рациональное использование природных ресурсов.

Чтобы понять сущность устойчивого развития территории, необходимо знать его критерии, которые представлены на рисунке 2.

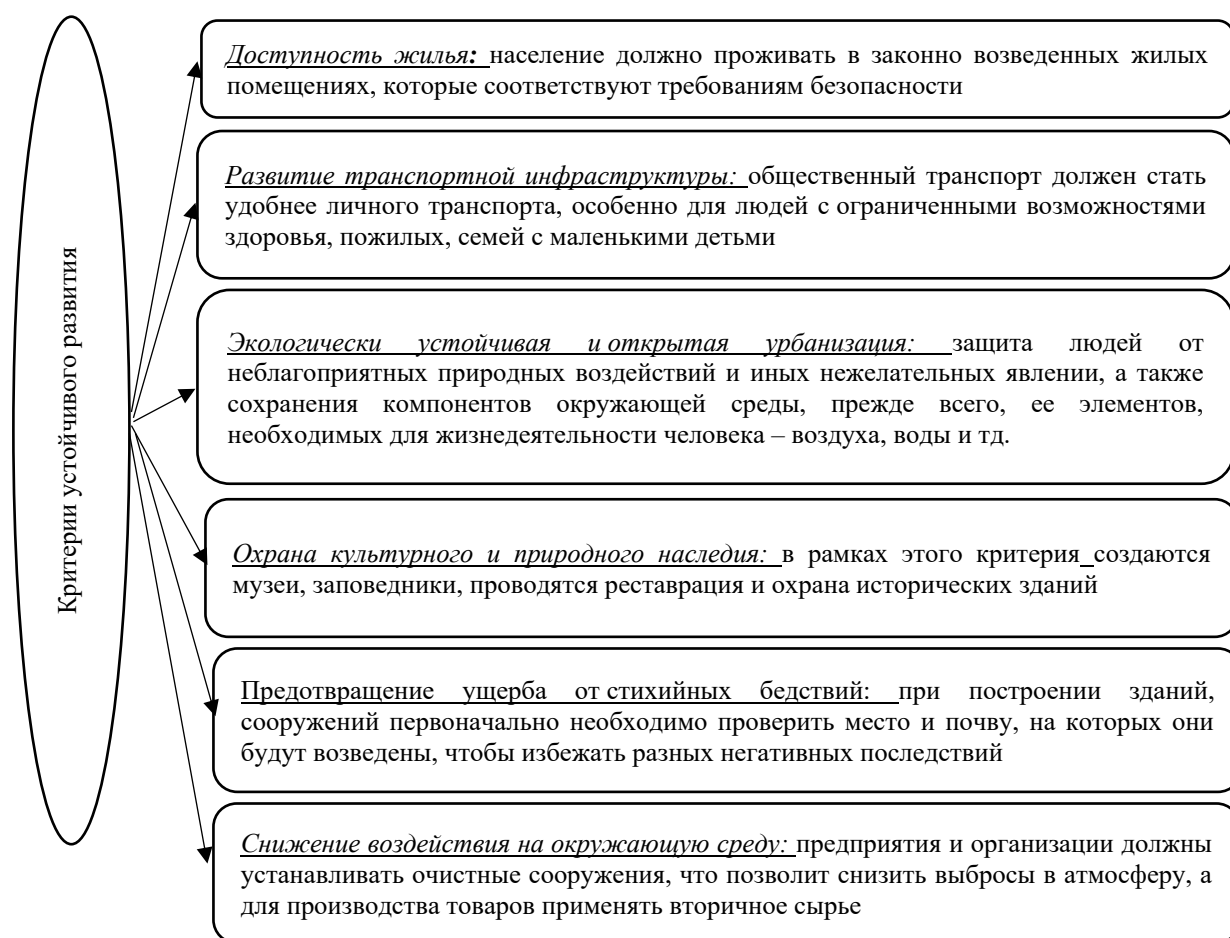


Рис. 2. Критерии устойчивого развития территории
Fig. 2. Criteria for sustainable development of the territory

Рассмотрев разные подходы к определению устойчивого развития территории и его критериев, становится очевидным, что оно основывается на трех составляющих: социальная, экономическая и экологическая. Однако устойчивое развитие трех этих составляющих предполагает не просто их равновесие, а какое-то новое качественное состояние, позволяющее территории устойчиво развиваться.

Как эти составляющие развиваются на всех уровнях, а именно глобальном (мировом), национальном (федеральном), региональном и локальном, так и устойчивое

развитие территории рассматривается на этих уровнях. Для каждого уровня устойчивого развития территории характерны следующие особенности:

- устойчивое развитие территории на глобальном уровне характеризуется равномерным социально-экономическим развитием мирового общества;
- устойчивое развитие территории на национальном уровне характеризуется развитием отдельных государств, которое достигается посредством стратегического управления национальным правительством;
- региональный уровень устойчивого развития характеризуется сбалансированным развитием региональных систем, на достижение которых направлена деятельность органов управления государства и регионов;
- устойчивое развитие территории на локальном уровне, то есть на уровне города, сельского поселения, района предполагает, что устойчивое развитие будет достигнуто на основе деятельности региональных и местных органов самоуправления.

Достижение устойчивого развития в рамках основания качественно нового типа развития территории на любом из уровней, в которых существуют сложные взаимные связи и зависимости между компонентами трех составляющих: социальной, экономической и экологической, основывается на снижении неблагоприятного влияния хозяйственной и прочей деятельности на окружающую среду, а именно:

- во-первых, устойчивость экосистемы, которая подразумевает обновление, возрождение системы;
- во-вторых, защита окружающей среды и природных ресурсов;
- в-третьих, окружающая среда, которая удовлетворяет как физиологические потребности человека, так и простое общение человека с природой.

Казалось бы, совсем разные и далекие друг от друга составляющие способны обеспечить устойчивое развитие территории и, как следствие, сохранить природные ресурсы для будущих поколений.

Поскольку само устойчивое развитие территорий основывается на трех составляющих: социальной, экономической и экологической, то и его оценка основывается на показателях развития этих составляющих, которые представлены на рисунке 3. По каждой составляющей рассчитывается групповой индекс-индикатор, как средняя арифметическая простая из стандартизированных значений каждого показателя в группе:

$$I_{\text{гр}} = \frac{\sum X_{\text{ст}}}{n}, \quad (1)$$

где $X_{\text{ст}}$ – стандартизированные значения исследуемого показателя по каждой составляющей, которые рассчитываются как отношение фактического и эталонного (максимального или минимального) значения этого индикатора среди рассматриваемых регионов;

n – количество показателей в каждой составляющей.

На основании групповых индексов-индикаторов рассчитывается уровень развития региона, который определяется как средняя арифметическая простая из групповых индексов-индикаторов социального, экономического и экологического развития территории:

$$y_{\text{развития}} = \frac{\sum I_{\text{гр}}}{n}. \quad (2)$$

Уровень развития региона находится в пределах от 0 до 1 и позволяет в целом характеризовать уровень устойчивого развития по каждой составляющей.

Методику расчета показателей устойчивого развития территории применим для оценки устойчивого развития Центрально-Черноземного макрорегиона, в состав которого

входит пять областей: Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая и Тамбовская, результаты представлены в таблицах 1–3.

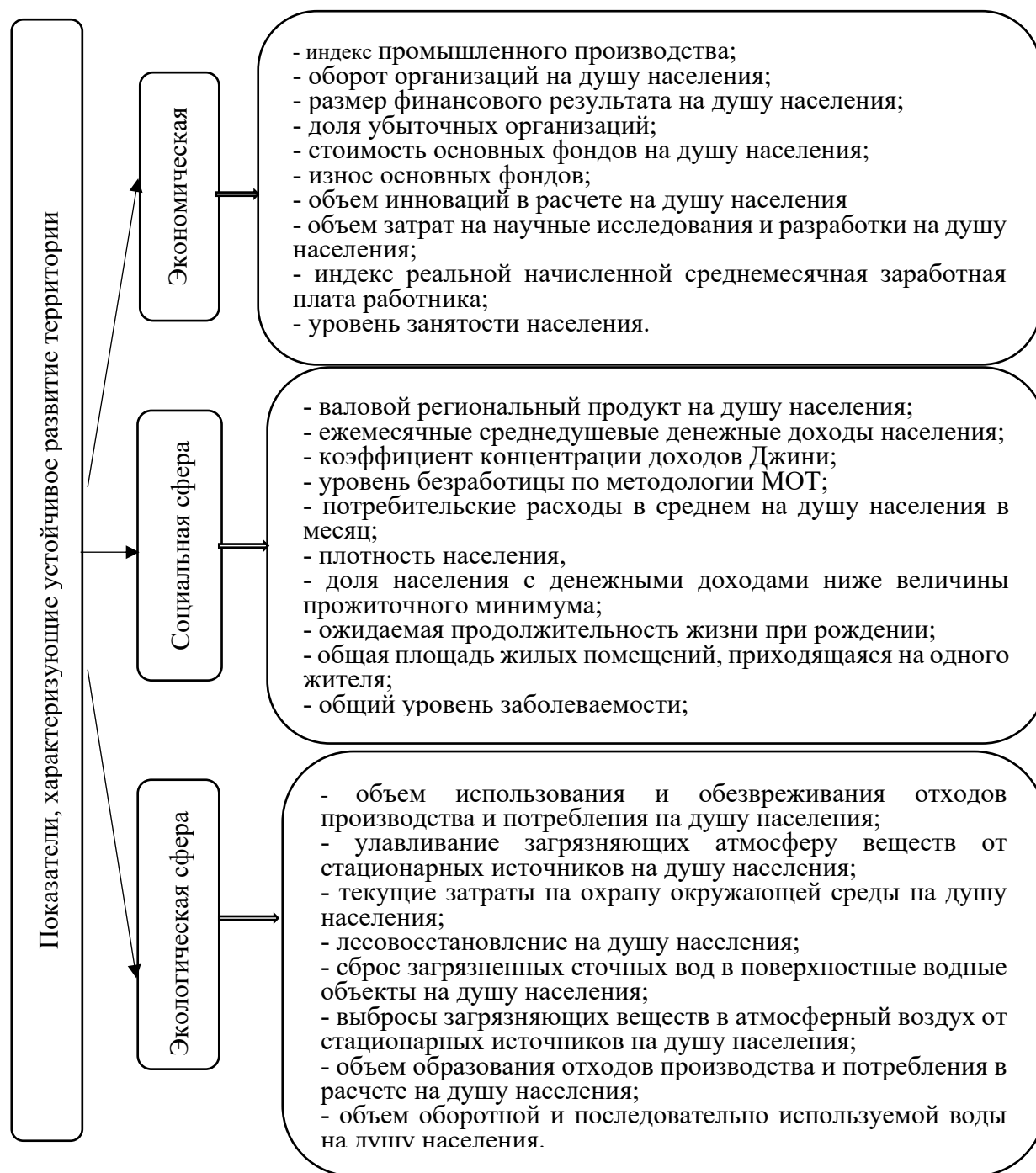


Рис. 3. Показатели оценки устойчивого развития территории
Fig. 3. Indicators for assessing the sustainable development of the territory



Таблица 1
 Table 1

Стандартизованные значения показателей экономической сферы областей
 Центрально-Черноземного макрорегиона в 2021 году (рассчитано авторами по данным
 [Регионы России. Социально-экономические показатели, 2022])
 Standardized values of indicators of the economic sphere of the regions
 of the Central Chernozem macro-region in 2021 (calculated by the authors according
 to [Regions of Russia. Socio-economic indicators, 2022])

Показатели экономической сферы	Области				
	Белгородская	Воронежская	Курская	Липецкая	Тамбовская
Индекс промышленного производства	0,953	0,954	1,000	0,968	0,944
Размер финансового результата на душу населения	1,000	0,057	0,331	0,595	0,176
Доля убыточных организаций	0,694	0,777	1,000	0,938	0,869
Стоимость основных фондов на душу населения	0,910	0,835	0,770	1,000	0,770
Износ основных фондов	0,866	0,703	0,852	0,890	1,000
Объем инноваций в расчете на душу населения	1,000	0,134	0,126	0,339	0,167
Объем затрат на научные исследования и разработки на душу населения	0,688	0,575	0,564	1,000	0,472
Индекс реальной начисленной среднемесячной заработной платы работника	1,000	0,994	1,000	0,969	0,984
Уровень занятости населения	1,000	0,944	0,961	0,984	0,915
Сумма стандартизованных значений исследуемого показателя	8,112	5,973	6,605	7,683	6,297
Индекс-индикатор	0,901	0,664	0,734	0,854	0,700

Как показывают данные таблицы 1, групповой индекс-индикатор показателей экономической сферы по Белгородской области среди областей Центрально-Черноземного макрорегиона является максимальным.

Таблица 2
Table 2

Стандартизированные значения показателей социальной сферы областей
Центрально-Черноземного макрорегиона в 2021 году (рассчитано авторами по данным
[Регионы России. Социально-экономические показатели, 2022])
Standardized values of indicators of the social sphere of the regions of the Central
Chernozem macro-region in 2021 (calculated by the authors according to [Regions of Russia.
Socio-economic indicators, 2022])

Показатели экономической сферы	Области				
	Белгородская	Воронежская	Курская	Липецкая	Тамбовская
Валовой региональный продукт на душу населения	1,000	0,713	0,759	0,852	0,592
Ежемесячные среднедушевые денежные доходы населения	1,000	0,986	0,919	0,986	0,849
Коэффициент концентрации доходов Джини	0,954	1,000	0,932	0,962	0,904
Уровень безработицы по методологии МОТ	0,882	0,959	0,937	0,905	1,000
Потребительские расходы в среднем на душу населения в месяц	0,918	1,000	0,824	0,952	0,772
Плотность населения	0,503	0,649	0,787	0,613	1,000
Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума	0,793	1,000	0,897	0,851	0,989
Ожидаемая продолжительность жизни при рождении	1,000	0,983	0,970	0,970	0,989
Общая площадь жилых помещений, приходящаяся на одного жителя	0,972	0,932	0,920	1,000	0,949
Общий уровень заболеваемости	1,000	0,674	0,815	0,911	0,932
Индекс развития человеческого потенциала	0,991	0,971	0,965	1,000	0,949
Сумма стандартизированных значений исследуемого показателя	10,013	9,866	9,724	10,002	9,924
Индекс-индикатор	0,910	0,897	0,884	0,909	0,902

Как показывают данные таблицы 2, групповые индекс-индикаторы показателей социальной сферы по Белгородской и Липецкой областям среди областей Центрально-Черноземного макрорегиона являются максимальными.



Таблица 3
Table 3

Стандартизированные значения показателей экологической сферы областей
 Центрально-Черноземного макрорегиона в 2021 году (рассчитано авторами по данным
 [Регионы России. Социально-экономические показатели, 2022])

Standardized values of indicators of the environmental sphere of the regions of the Central
 Chernozem macro-region in 2021 (calculated by the authors according to [Regions of Russia.
 Socio-economic indicators, 2022])

Показатели экономической сферы	Области				
	Белгородская	Воронежская	Курская	Липецкая	Тамбовская
Объем использования и обезвреживания отходов производства и потребления на душу населения	0,405	0,274	0,114	1,000	0,028
Улавливание загрязняющих атмосферу веществ от стационарных источников на душу населения	0,310	0,033	0,022	1,000	0,007
Текущие затраты на охрану окружающей среды на душу населения	0,615	0,200	0,241	1,000	0,298
Лесовосстановление на душу населения;	0,641	0,729	0,272	0,352	1,000
Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты на душу населения	0,682	0,876	0,126	1,000	0,751
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников на душу населения	0,352	0,168	0,179	1,000	0,240
Объем образования отходов производства и потребления в расчете на душу населения	1,000	0,023	0,348	0,022	0,018
Объем оборотной и последовательно используемой воды на душу населения	0,229	0,415	1,000	0,398	0,035
Сумма стандартизированных значений исследуемого показателя	4,234	2,718	2,302	5,772	2,377
Индекс-индикатор	0,529	0,340	0,288	0,721	0,297

Как показывают данные таблицы 3, групповой индекс-индикатор показателей экологической сферы по Липецкой области среди областей Центрально-Черноземного макрорегиона является максимальным. В таблице 4 представлены итоговые уровни устойчивого развития областей Центрально-Черноземного макрорегиона.

Таблица 4
Table 4

Уровни устойчивого развития областей Центрально-Черноземного макрорегиона (рассчитано авторами по данным [Регионы России. Социально-экономические показатели, 2022])

The levels of sustainable development of the regions of the Central Chernozem macro-region (calculated by the authors according to [Regions of Russia. Socio-economic indicators, 2022])

Области	Уровни устойчивого развития региона
Белгородская область	0,780
Воронежская область	0,634
Курская область	0,635
Липецкая область	0,828
Тамбовская область	0,633

Так, в целом за исследуемый период уровни устойчивого развития Белгородской и Липецкой областей имеют высокие значения, которые говорят о достаточно благополучном развитии. Значения уровней устойчивого развития Воронежской, Курской и Тамбовской областей находятся примерно на одном уровне и их значения говорят, что в регионах требуется разработка и принятие управленческих решений, которые будут направлены на повышение уровня экономического и социального развития региона с одновременным сохранением и повышением качества окружающей среды и внедрением цифровых технологий.

Внедрение любых технологий, также и цифровых, требует значительных денежных средств, структура которых представлена на рисунке 4. По данным рисунка 4 видно, что в стоимостном выражении наибольший объем затрат на внедрение и использование цифровых технологий в Воронежской области, а наименьший объем – в Тамбовской области. Если рассматривать структуру затрат на внедрение и использование цифровых технологий, то наибольший удельный вес по внутренним затратам на внедрение и использование цифровых технологий занимает Воронежская область и наименьший – Липецкая область; а по внешним затратам на внедрение и использование цифровых технологий наибольший и наименьший удельный вес занимает Липецкая и Воронежская области соответственно.

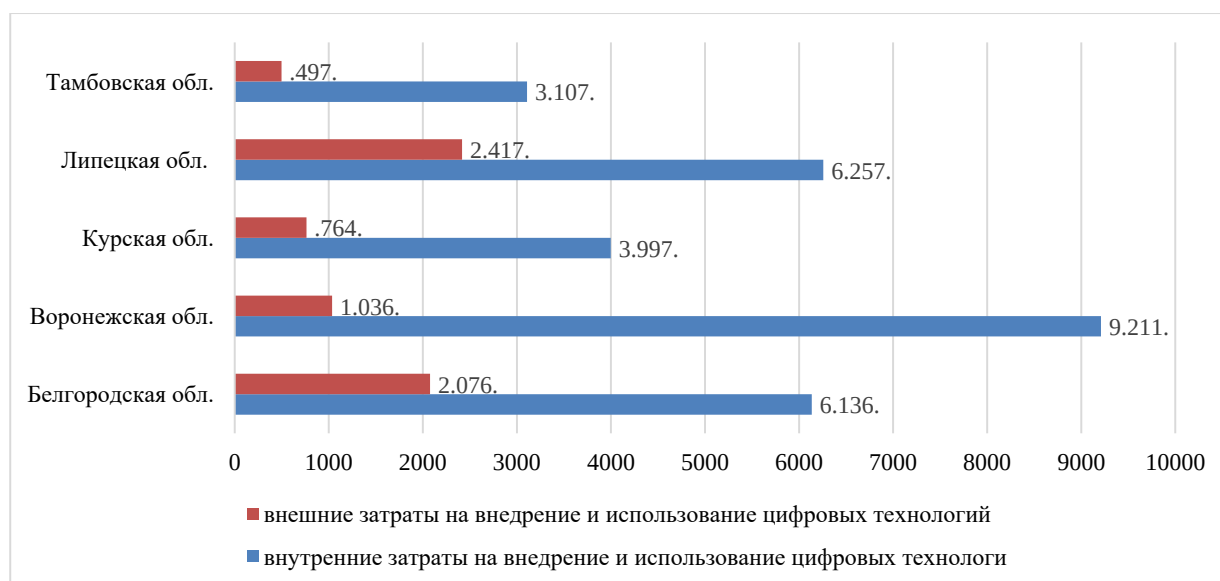


Рис. 4. Структура затрат на внедрение и использование цифровых технологий областей Центрально-Черноземного макрорегиона в 2021 году (построен авторами на основе данных [Российский статистический ежегодник, 2022])

Fig. 4. The cost structure for the introduction and use of digital technologies in the regions of the Central Chernozem macroregion in 2021 (built by the authors on the basis of data [Russian Statistical Yearbook, 2022])

На следующем этапе нашего исследования была построена регрессионная модель зависимости валового регионального продукта областей Центрально-Черноземного макрорегиона от затрат на внедрение и использование цифровых технологий. Количественная оценка воздействия затрат на внедрение и использование цифровых технологий областей Центрально-Черноземного макрорегиона на ВРП показала, что между исследуемыми показателями имеется тесная прямая зависимость – коэффициент множественной регрессии равен соответственно 0,855. Исключая все остальные факторы, размер валового регионального продукта областей Центрально-черноземного макрорегиона зависит от внедрения и использования цифровых технологий в России на 85,5 %. Уравнение регрессии имеет следующий вид: $y = 71,75 + 0,091x_1$, это означает, что увеличение затрат на внедрение и использование цифровых технологий на 1 руб. приведет к увеличению ВРП на 0,091 руб. Адекватность модели проверена на основе F-критерия Фишера и коэффициенты регрессии значимы.

Далее изобразим графически влияние затрат на внедрение и использование цифровых технологий областей Центрально-черноземного макрорегиона на ВРП, построив график корреляционной зависимости (рис. 5).

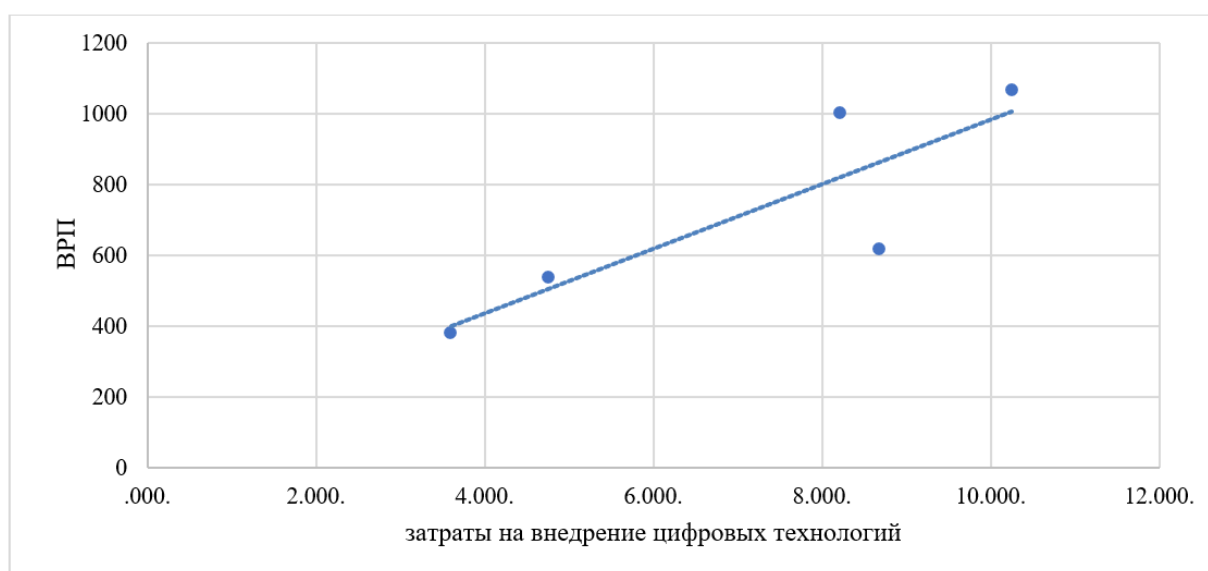


Рис. 5. Корреляционное поле зависимости между затратами на внедрение и использование цифровых технологий и ВРП областей Центрально-Черноземного макрорегиона (построен авторами на основе данных [Регионы России. Социально-экономические показатели, 2022])

Fig. 5. The correlation field of dependence between the costs of implementing and using digital technologies and GRP of the regions of the Central Chernozem macro-region (built by the authors on the basis of data [Regions of Russia. Socio-economic indicators, 2022])

На рисунке 5 видно, что значения распределяются вблизи прямой, то есть можно говорить о наличии связи между затратами на внедрение и использование цифровых технологий и ВРП областей Центрально-Черноземного макрорегиона и о характере прямой зависимости.

Говоря о модернизации подходов к оценке и показателей устойчивого развития территорий в условиях цифровизации, нельзя не сказать о таком важнейшем современном инструменте, как оценка цифровой зрелости, которая позволяет определить способность стран и регионов адаптироваться и использовать цифровые технологии для достижения своих целей. Развитие концепции цифровой зрелости имеет как экономическое, так и социальное значение: с одной стороны, оно позволяет государству и его хозяйствующим субъектам быть конкурентоспособными в современном мире, повышая эффективность работы, качество услуг, коммуникации и взаимодействия с гражданами, а с другой стороны,

оно способствует улучшению качества жизни людей, обеспечивая доступ к информации, образованию, здравоохранению и другим важнейшим услугам. Расчет данного показателя основывается на ключевых показателях, к которым можно отнести доступ к широкополосному интернету, уровень цифровой грамотности населения региона, инфраструктуру цифровых технологий, инновационную активность и т. д. Расчет такого индекса может помочь правительствам регионов определить приоритеты и разработать оптимальные направления стратегии по развитию цифровой экономики.

Оценка цифровой зрелости может быть применена к любой социально-экономической сфере. Так, например, Министерство транспорта России определяет рейтингование субъектов Российской Федерации по достижению показателей цифровой зрелости в сфере транспорта. Ключевыми показателями выступают: доля автобусов, оснащенных системами безналичной оплаты проезда, доля автобусов, для которых обеспечена в открытом доступе информация об их реальном движении по маршруту, и доля автобусов, оснащенных системами видеонаблюдения салонов (с функцией записи). Стоит отметить, что степень цифровой зрелости исследуемых нами регионов варьирует от 14 и 21 места (Липецкая и Тамбовская области соответственно) до 40, 43 и 45 мест (Белгородская, Воронежская и Курская области соответственно) из 89 рассчитанных. Данный метод является эффективным инструментом, мотивирующим регионы на внедрение цифровых продуктов и сервисов, повышающих комфорт пассажиров, грузоперевозчиков и всех пользователей транспортной системы [D-russia.ru]. Аналогичная оценка зрелости и рейтингование регионов производится и в таких приоритетных видах деятельности, как здравоохранение, оказание медицинских услуг.

Стоит отметить, что процесс устойчивого развития территорий в условиях цифровизации происходит и благодаря программе «Эффективный регион», которая реализуется в органах государственного управления более, чем в 40 регионах при поддержке корпорации «Росатом» [Tadviser Государство. Бизнес. Технологии]. В числе лидеров регионов по цифровой трансформации, как представил Министр цифрового развития Дмитрий Чернышенко на совещании с руководителями цифровой трансформации федерального и регионального уровней, Республика Татарстан, Белгородская область, Тульская область, Ханта-Мансийский округ-Югра, Челябинская область, Липецкая область, Республика Башкортостан, Калужская область, Ямало-Ненецкий АО, Якутия. Данные регионы оказались в числе лидеров не потому что у них самый большой IT-бюджет, а потому что они стремятся к улучшению качества предоставляемых услуг, к улучшению жизни населения, к оптимизации всех процессов, ведущих к клиентоцентричности через пересмотр эффективности управленческих решений, планирования и реализации программ цифровой трансформации.

Процессы цифровизации территорий проходят через призму многих направлений проектов, наряду с вышерассмотренными, можно отметить импортозамещение, информационную безопасность, государственное управление. На фоне этого достаточно интересным и более того полезным в масштабах макрорегионов, выступает международный рейтинг цифровизации правительства и госуслуг GovTech Maturity Index [Ведомости]. Изучая различные подходы к оценке устойчивого развития территорий, следует обратиться к индексу зрелости передовых технологий в целом, который более обширно анализирует цифровую трансформацию в масштабах стран. Согласно статистике ЮНКТАД, индекс зрелости передовых технологий – это индекс, который базируется на таких индикаторах, как источники финансирования, ИКТ, цифровые навыки, активность индустрии и разработки и исследования. Следует отметить, что в мировых масштабах Россия с показателем, равным 0,76, имеет достаточно хороший уровень и потенциал развития.

Так, сравнивая уровень зрелости передовых технологий в России и Китае, отметим, что общий индекс двух стран находится практически на одном уровне: 0,76 и 0,79 соответственно (рис. 6).

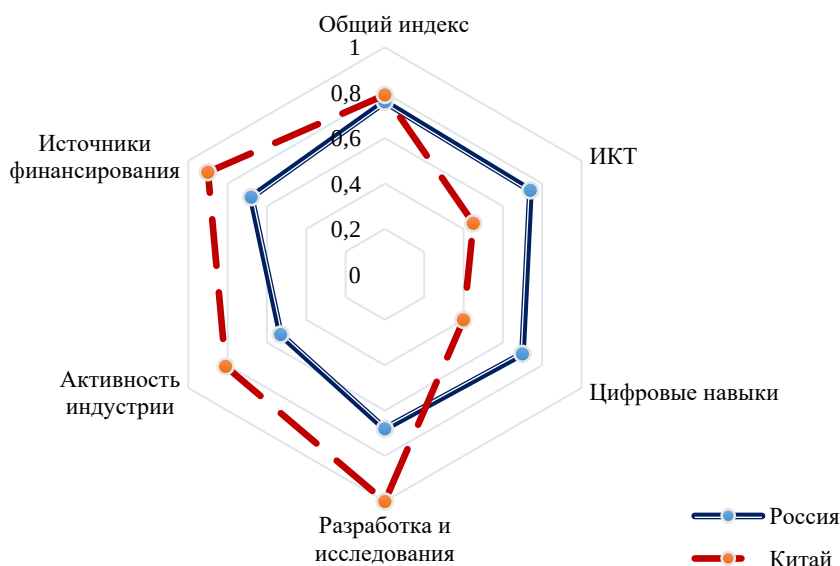


Рис. 6. Сравнительные значения индекса зрелости передовых технологий в России и Китае за период 2017–2021 гг.

Fig. 6. Comparative values of the advanced technology maturity index in Russia and China for the period 2017–2021

При этом в разрезе индекса Россия уступает Китаю по таким позициям, как источники финансирования, активность индустрии, то есть одновременное использование, внедрение и адаптация передовых технологий, и деятельность в области НИОКР. Лидирует же Россия в нише цифровых навыков и в уровне развития информационно-коммуникационных технологий.

Заключение

В современном мире повсеместно идет процесс переноса данных в цифровой формат, то есть происходит цифровизация. Цифровизация касается не только простых данных, но и всех сфер общественной жизни, так мы наблюдаем внедрение цифровых технологий как на предприятиях, организациях, так и в управленческих структурах регионов и страны в целом.

Продвижение цифровизации на уровне регионов и страны позволяет повысить уровень устойчивого развития территорий, повысить качество жизни населения, снизить неблагоприятное влияние хозяйственной и прочей деятельности на окружающую среду, а также рационально использовать природные ресурсы в интересах будущих поколений.

В результате исследования мы определили, что уровни устойчивого развития двух областей Центрально-Черноземного макрорегиона, а именно Белгородской и Липецкой, имеют высокие значения, которые говорят о достаточно благополучном развитии территорий.

Проведенное исследование позволило установить, что на один из главных показателей экономической сферы развития территории – ВРП оказывают влияние затраты на внедрение и использование цифровых технологий и между данными показателями выявлена прямая зависимость.

Исследуя подходы и показатели оценки устойчивого развития территорий в условиях цифровизации, следует помнить и о таком важнейшем современном инструменте, как оценка цифровой зрелости. Как показал анализ имеющихся показателей, две области Центрально-Черноземного макрорегиона – Белгородская и Липецкая – находятся на лидирующих позициях. Россия входит в топ-10 списка с наивысшим рейтингом в сравнении с Китаем – первой в мире стране по экономическому развитию, Россия практически на одном уровне: 0,76 и 0,79 соответственно.

Список источников

- Ведомости. URL: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2022/11/18/rossiya-voshla-v-top-10-reitinga-govtech-maturity-index-2022-blagodarya-tsifrovizatsii-gosuslug (дата обращения: 14.10.2023).
- Рейтинг цифровой зрелости. URL: <https://sicmt.ru/dmrating> (дата обращения: 14.10.2023).
- Российский статистический ежегодник. 2022: Стат.сб./Росстат. 2022. 691 с. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2022.pdf (дата обращения: 14.10.2023).
- Регионы России. Социально-экономические показатели. 2022: Стат. сб. / Росстат. М., 2022. 1122 с. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2022.pdf (дата обращения: 14.10.2023).
- D-russia.ru URL: <https://d-russia.ru/vysokogo-urovnja-cifrovoj-zrelosti-dostigli-9-regionov-mincifry.html> (дата обращения: 14.10.2023).
- Tadviser Государство. Бизнес. Технологии. URL: <https://www.tadviser.ru> (дата обращения: 14.10.2023).

Список литературы

- Горлов К.Н., Ильичева М.В. 2018. Цифровизация как основа устойчивого развития региона: социально-политический и экономический аспекты. Известия ТулГУ. Гуманитарные науки, 4: 42–50.
- Добродомова Т.Н., Ахтырская А.А., Коденко Д.С. 2020. Влияние цифровой трансформации на социально-экономическое развитие регионов России. Пространственное развитие территорий. Сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции: 148–151.
- Добродомова Т.Н., Савенкова И.В., Коваленко С.Н., Васильев С.В. 2023. Основные направления и оценка развития цифровизации в ритейле. Финансовый бизнес, 5 (239): 33–38.
- Ланьшина Т.А., Барина В.А., Кондратьев А.Д., Романцов М.В. 2020. Устойчивое развитие и цифровизация: необычный кризис COVID-19 требует оригинальных решений. Вестник международных организаций, 15(4): 91–114.
- Лыщикова Ю.В., Стрябкова Е.А. 2022. Основные направления трансформации парадигмы устойчивого развития в процессе цифрового перехода. Управление устойчивым развитием экономических систем в цифровую эпоху. Санкт-Петербург: 77–101.
- Мамбетова Ф.А., Сулумов С.Х. 2021. Цифровизация и современные аспекты реализации принципов устойчивого развития территории. Региональные проблемы преобразования экономики, 12 (134): 133–139.
- Третьякова Е.А., Осипова М.Ю. 2018. Оценка показателей устойчивого развития регионов России. Проблемы прогнозирования, 2(167): 24–35.

References

- Gorlov K.N., Ilyicheva M.V. 2018. Digitalization as the basis for sustainable development of the region: socio-political and economic aspects. News of TulSU. Humanities, 4: 42-50. (in Russian)
- Dobrodomova T.N., Akhtyrskaya A.A., Kodenko D.S. 2020. The impact of digital transformation on the socio-economic development of Russian regions. Spatial development of territories. Collection of scientific papers of the III International Scientific and Practical Conference: 148-151. (in Russian)
- Dobrodomova T.N., Savenkova I.V., Kovalenko S.N., Vasiliev S.V. 2023. The main directions and assessment of the development of digitalization in retail. Financial Business, 5 (239): 33-38. (in Russian)
- Lanshina T.A., Barinova V.A., Kondratiev A.D., Romantsov M.V. 2020. Sustainable development and digitalization: the unusual COVID-19 crisis requires original solutions. Bulletin of International Organizations, 15(4):91-114. (in Russian)
- Lyschikova Yu.V., Stryabkova E.A. 2022. The main directions of transformation of the paradigm of sustainable development in the process of digital transition. Managing the sustainable development of economic systems in the digital age. St. Petersburg: 77-101. (in Russian)
- Mambetova F.A., Sulumov S.H. 2021. Digitalization and modern aspects of the implementation of the principles of sustainable development of the territory. Regional Problems of Economic Transformation, 12 (134):133-139. (in Russian)



Tretyakova E.A., Osipova M.Yu. 2018. Assessment of indicators of sustainable development of Russian regions. Problems of Forecasting, 2(167):24-35. (in Russian)

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 23.10.2023

Поступила после рецензирования 01.12.2023

Принята к публикации 14.12.2023

Received October 23, 2023

Revised December 01, 2023

Accepted December 14, 2023

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Савенкова Ирина Викторовна, кандидат экономических наук, доцент, контролер-ревизор отдела по надзору за аудиторской деятельностью, Управление Федерального казначейства по Ростовской области, г. Ростов-на-Дону, Россия

Irina V. Savenkova, PhD in Economics, Associate Professor, Controller-Auditor of the Audit Supervision Department, Federal Treasury Department for the Rostov Region, Rostov-on-Don, Russia

Добродомова Татьяна Николаевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Прикладная экономика и экономическая безопасность», Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Tatyana N. Dobrodomova, PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Лыщикова Юлия Владимировна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Прикладная экономика и экономическая безопасность», Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Julia V. Lyshchikova, PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

УДК 332.155

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-33-44

Определение наиболее перспективных видов экономической деятельности для развития горнодобывающей хозяйственной системы мезоуровня в условиях новых глобальных вызовов

Склярова Е.А.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал)
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСИС»
309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42
E-mail: katia.nekrasova96@yandex.ru

Аннотация. В статье на основе анализа динамики добычи полезных ископаемых в России обосновано, что интенсивность функционирования горнодобывающих хозяйственных систем является индикатором экономического развития мировой экономики. Показано, что новые глобальные вызовы геополитического генезиса привели к снижению объемов добычи полезных ископаемых по сравнению с аналогичным периодом 2020 года. Экономические кризисы существенно подрывают экономику горнодобывающих хозяйственных систем мезоуровня, стратегическим направлением развития которых является диверсификация экономики с целью снижения зависимости от сырьевых доходов и повышения сбалансированности регионального бюджета. Для выявления наиболее перспективных, способных дать максимальный финансовый результат видов экономической деятельности одной из горнодобывающих хозяйственных систем мезоуровня – Белгородской области – была предложена авторская методика на основе модифицированной матрицы BCG; все виды деятельности, осуществляемой в регионе, были разделены на четыре категории, на основании чего были определены направления их государственной поддержки.

Ключевые слова: хозяйственная система мезоуровня, ресурсный тип экономики, добыча полезных ископаемых, диверсификация экономики, матрица BCG, государственная поддержка

Для цитирования: Склярова Е.А. 2024. Определение наиболее перспективных видов экономической деятельности для развития горнодобывающей хозяйственной системы мезоуровня в условиях новых глобальных вызовов. Экономика. Информатика, 51(1): 33–44. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-33-44

Determining the Most Promising Types of Economic Activities for the Development of the Meso-Level Mining Economic System in the Context of New Global Challenges

Ekaterina A. Sklyarova

Stary Oskol Technological Institute – branch of National Research Technological University “MISIS”
Stary Oskol, Makarenko st., 42, 309512, Russia
E-mail: katia.nekrasova96@yandex.ru

Abstract. Based on the analysis of the dynamics of mining in Russia, the article substantiates that the intensity of functioning of mining economic systems is an indicator of the economic development of the world economy. It is shown that new global challenges of geopolitical genesis have led to a decrease in mining volumes compared to the same period in 2020. Economic crises significantly undermine the economy of meso-level mining economic systems, the strategic direction of development of which is the diversification of the economy in order to reduce dependence on raw material income and increase the balance of the regional budget. To identify the most promising types of economic activity capable of producing the maximum financial result in one of the meso-level mining economic systems – the Belgorod region – the author’s methodology was proposed based on the modified BCG matrix; all types of activities

carried out in the region were divided into four categories, on the basis of which the areas of their state support were determined.

Keywords: meso-level economic system, resource type of economy, mining, economic diversification, BCG matrix, government support

For citation: Sklyarova E.A. 2024. Determining the Most Promising Types of Economic Activities for the Development of the Meso-Level Mining Economic System in the Context of New Global Challenges. Economics. Information technologies, 51(1): 33–44. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-33-44

Введение

Большинство горнодобывающих хозяйственных систем в благоприятных условиях способны длительное время поддерживать довольно высокие темпы роста показателей деятельности, обеспечивая основу сырьевого экспорта государства и создавая базу экономического и социального развития территорий присутствия. Под хозяйственной системой мезоуровня в своем исследовании мы будем понимать регион, субъект Российской Федерации, имеющий комплекс производственных предприятий, осуществляющий определенную экономическую деятельность. Хозяйственные системы мезоуровня ресурсного типа, как правило, имеют одну или несколько специализаций – на их территории предприятия осуществляют виды экономической деятельности, связанные с разработкой полезных ископаемых; результаты реализуются на национальном или мировом рынках. Стараясь снизить зависимость от сырьевых доходов, стратегическое управление такими системами нацелено на поиск направлений диверсификации экономики. Эти проблемы изучались целым рядом исследователей добывающих регионов, основным фактором развития которых являются природные ресурсы [Бажутова и др., 2019; Стрябова и др., 2023; Skufina et al., 2019]. Однако в последнее время новые глобальные вызовы, в первую очередь, связанные с санкционным давлением, обострили проблемы функционирования и развития национальных хозяйственных систем, что тоже отмечают российские и зарубежные исследователи [Бондарев и др., 2022; Шинкевич и др., 2023; Crozet, Hinz, 2020; Li, Li, 2022]. Накладываясь друг на друга, эти вызовы создают негативный синергетический эффект, затрудняющий экономическое развитие хозяйственных систем мезоуровня. При этом снижение объемов финансовых ресурсов, которые региональные власти могут направить на развитие бизнеса, предопределяет необходимость выявления тех видов экономической деятельности, поддержка которых даст наибольший результат. Изменение стратегии регионального развития с вовлечения в процессы глобализации на индивидуальное раскрытие ресурсного, промышленного и отраслевого потенциалов локальных территорий, отмеченное рядом исследователей [Владыка и др., 2023; Дмитрик, 2016. Дрягина, 2023; Shida, 2020], актуализирует тему представленного исследования.

Цель исследования – определить перспективы и выявить направления развития горнодобывающей хозяйственной системы мезоуровня, экономика которой претерпевает существенные трансформации в условиях новых глобальных вызовов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить комплекс взаимосвязанных задач:

- изучить динамику и выявить последние тенденции добычи полезных ископаемых в России;
- проанализировать структуру экономики одной из горнодобывающих хозяйственных систем мезоуровня России по видам деятельности, выявив среди них наиболее перспективные для экономического развития;
- определить направления государственной поддержки каждого вида экономической деятельности в зависимости от его перспективности.

Объекты и методы исследования

Первая задача исследования, а именно – анализ динамики и выявление тенденций добычи полезных ископаемых в России, решалась с привлечением материалов Центра макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования [О динамике промышленного..., 2023]. К исследованию привлечены данные за период с 01.01.21 по 01.09.2023. Согласно общепринятой методике Росстата, динамика добычи полезных ископаемых определена в процентах по общему объему и с исключением сезонного фактора. За единицу отсчета приняты среднемесячные значения 2020 года.

Вторая задача исследования, а именно – анализ структуры экономики Белгородской области как одной из горнодобывающих хозяйственных систем мезоуровня России и выявление наиболее перспективных видов деятельности, решалась на основании авторской методики. В основе методики лежит модификация матрицы анализа рынка Бостонской консалтинговой группы (BCG) – это международная компания, имеющая более 16 тыс. сотрудников в 50 странах мира, специализирующаяся на консалтинговых услугах [BCG, 2024]. Предложенная BCG матрица позволяет структурировать продукцию компании и выявить те продукты, которые приносят или способны принести наибольшую выгоду. Разработанная в 70-е годы прошлого века матрица BCG до сих пор является довольно частым инструментом для стратегического анализа ассортиментного портфеля предприятия [Смирнова, Антонова, 2020]; в последнее время рамки использования матрицы расширяются – ее используют для разработки стратегий развития отрасли [Ercis, Unalan, 2015] или государства [Ислакаева, 2020].

Для решения поставленных в исследовании задач предлагается модифицировать матрицу BCG и применить ее для анализа структуры экономики Белгородской области, а также для выявления наиболее перспективных видов деятельности. Расчеты были проведены для 59 видов деятельности, которые кодированы согласно общероссийскому классификатору ВЭД (вторая редакция ОКВЭД); из общего перечня ВЭД исключены те, которые не осуществляются на территории хозяйственной системы. К исследованию были привлечены данные Федеральной налоговой службы о начислении и поступлении налогов, сборов и страховых взносов в бюджетную систему Российской Федерации по основным видам экономической деятельности [Федеральная налоговая служба, 2024] за долгосрочный период с 2013 года по 2023 год и за краткосрочный период с 2019 года по 2023 год. Применение двух временных периодов, в течении которых экономика страны в целом и горнодобывающей хозяйственной системы мезоуровня в частности испытывала ряд трудностей, позволит более точно определить наиболее перспективные виды экономической деятельности.

Структурирование экономики Белгородской области проводилось на основании двух показателей: во-первых, доля налоговых поступлений от каждого вида деятельности в консолидированный бюджет страны и в региональный бюджет от общего объема платежей; во-вторых, темп прироста этих налоговых поступлений. В соответствии со значениями этих показателей, все ВЭД были разделены на четыре категории:

– категория I «Дойные коровы» – виды деятельности, которые обеспечивают значительные объемы налоговых поступлений в бюджет, но имеют низкий или отрицательный темп прироста налоговых показателей; эти виды деятельности на период исследования наиболее значимы для экономики хозяйственной системы мезоуровня, обеспечивая наибольшие финансовые поступления; при этом предприятия, осуществляющие экономическую деятельность этой категории, нуждаются в реализации инновационных проектов, направленных на модернизацию и обновление производства, чтобы не потерять имеющиеся позиции;

– категория II «Звезды» – виды деятельности, которые также обеспечивают значительные объемы налоговых поступлений в бюджет, при этом имея высокий темп прироста налоговых показателей; это наиболее перспективные виды деятельности, которые

нуждаются в поддержке со стороны государства для укрепления своих позиций лидеров на быстрорастущем рынке и увеличения объемов налоговых поступлений;

– категория III «Проблемы» – виды деятельности, которые не дают значительных объемов налоговых поступлений в бюджет и имеют высокий темп прироста налоговых показателей; чтобы укрепить положение в экономике хозяйственной системы мезоуровня, предприятия, осуществляющие эти виды деятельности, особо нуждаются в государственной поддержке, без которой шанс развиваться у них небольшой;

– категория IV «Мертвый груз» – виды деятельности, которые также не дают значительных объемов налоговых поступлений в бюджет, но при этом имеют низкий или отрицательный темп прироста налоговых показателей; для экономики горнодобывающей хозяйственной системы мезоуровня предприятия этой категории не представляют финансового интереса и с позиций экономической целесообразности не могут претендовать на существенную государственную поддержку.

Результаты и их обсуждение

Горнодобывающая отрасль является одним из ключевых и наиболее важных секторов мировой экономики, формируя основу для развития многих других отраслей – от строительства до цифровых технологий. Кроме того, она играет важную роль не только в экспортных доходах стран, но и в обеспечении сырьем внутреннего производства как отдельных предприятий, так и народного хозяйства страны в целом.

В 2022 году горнодобывающие хозяйственные системы России столкнулись с необходимостью адаптации к быстро меняющимся условиям, вызванным международными санкциями по отношению к России. Ввиду нарушения логистических цепочек с иностранными партнерами это поставило перед ними задачи быстрого поиска новых подходов к управлению, а также импортозамещения, оптимизации производственных и логистических процессов – важных составляющих производства.

Для наглядного понимания влияния новых вызовов, с которыми столкнулись российские горнодобывающие хозяйственные системы различных уровней (от микроуровня – предприятия до мезоуровня – региона или отрасли), необходимо проследить динамику добычи полезных ископаемых за последние два года, когда геополитическая и экономическая напряженность в стране достигли своего пика. На рисунке 1 представлена динамика добычи полезных ископаемых в % к среднемесячному значению 2020 года.

Как видно из рисунка 1, динамика добычи полезных ископаемых в России и, соответственно, интенсивность функционирования горнодобывающих хозяйственных систем являются индикаторами экономического развития мировой экономики. Выход в 2021 глобальной экономики из кризиса, вызванного пандемией коронавируса, привел к быстрому росту объемов добычи полезных ископаемых в стране. По итогам 2021 года специалисты прогнозировали на 2022 год еще больший рост добычи полезных ископаемых, сопровождаемый стабилизацией цен на ресурсы, в том числе, на руду черных и цветных металлов – одних из основных продуктов российского экспорта [Динамика и анализ цен..., 2022; Бежанов, 2023]. Исходя из этого, в частности, разрабатывалась Стратегия развития металлургической промышленности РФ на период до 2030 г. [Об утверждении Стратегии..., 2022]. В связи с новыми политическими обстоятельствами и экономическими вызовами прогнозы оказались неверны. С середины 2022 года наблюдается тенденция к снижению объемов добычи полезных ископаемых по сравнению с аналогичным периодом 2020 года. Эти изменения стали результатом нарушения взаимодействия российских предприятий добывающей отрасли с партнерами и поставщиками иностранных государств ввиду введенных санкций.

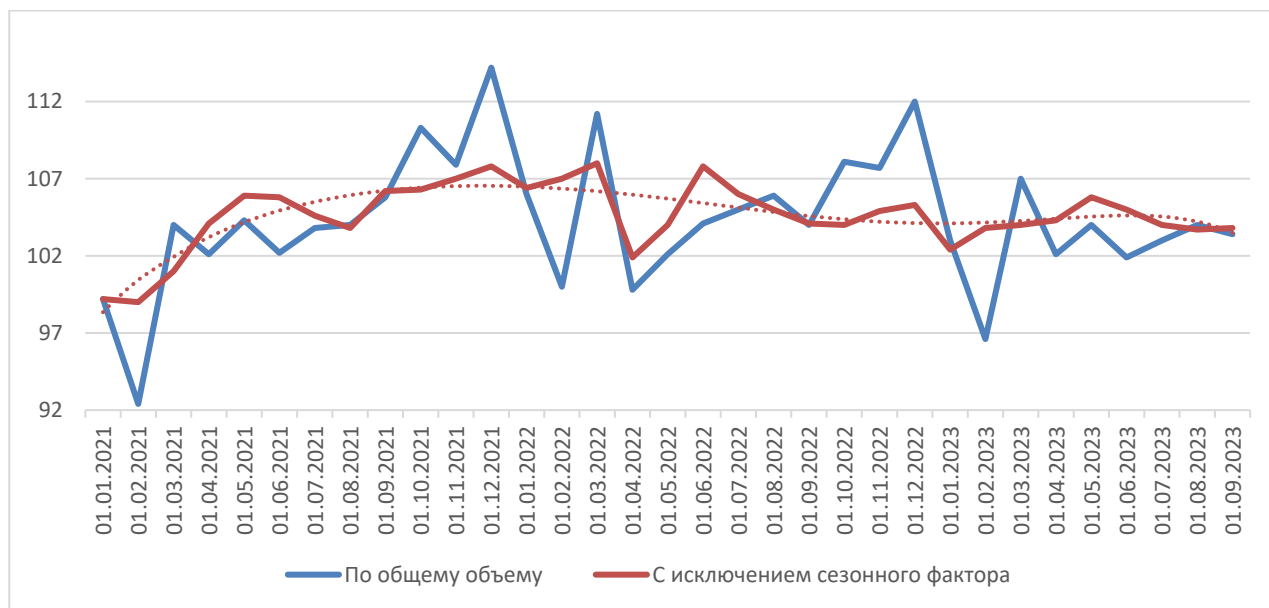


Рис. 1. Динамика добычи полезных ископаемых в России

Fig. 1. Dynamics of mining in Russia

Примечание. По материалам Центра макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования [О динамике промышленного..., 2023]

В регионах, где основную долю валового регионального продукта формирует добыча полезных ископаемых, добыча полезных ископаемых становится основой устойчивого развития, обеспечивая бюджеты различных уровней налоговыми поступлениями. Ресурсный характер экономики горнодобывающих хозяйственных систем мезоуровня тесно привязывает их способность формировать финансовую основу своего социально-экономического развития к спросу на разрабатываемые природные ресурсы на внутреннем и мировом рынках. По оценке экспертов, национальные и глобальные кризисы существенно подрывают экономику горнодобывающего региона [Черникова и др., 2010].

Таким образом, важнейшим стратегическим направлением экономического развития горнодобывающих хозяйственных систем мезоуровня остается диверсификация экономики с целью сокращения зависимости от добычи и экспорта сырьевых ресурсов. Для этого нужно определить те виды экономической деятельности, которые способны дать развитию хозяйственной системы наибольший экономический результат, и на которые следует направить усилия государственных органов власти, предоставив организационные, финансовые, трудовые ресурсы. Наиболее перспективные виды экономической деятельности должны отвечать следующим требованиям: во-первых, обеспечивать существенный вклад в региональную и национальную экономику; во-вторых, демонстрировать потенциал роста, невзирая на появляющиеся внешние глобальные вызовы.

Структурирование экономики одной из горнодобывающих хозяйственных систем мезоуровня России – Белгородской области – на основе авторской методики с применением модифицированной матрицы BCG позволило выявить наиболее перспективные виды экономической деятельности в зависимости от вклада в консолидированный бюджет России (рис. 2) или в региональный бюджет одного из горнодобывающих регионов страны – Белгородской области (рис. 3).

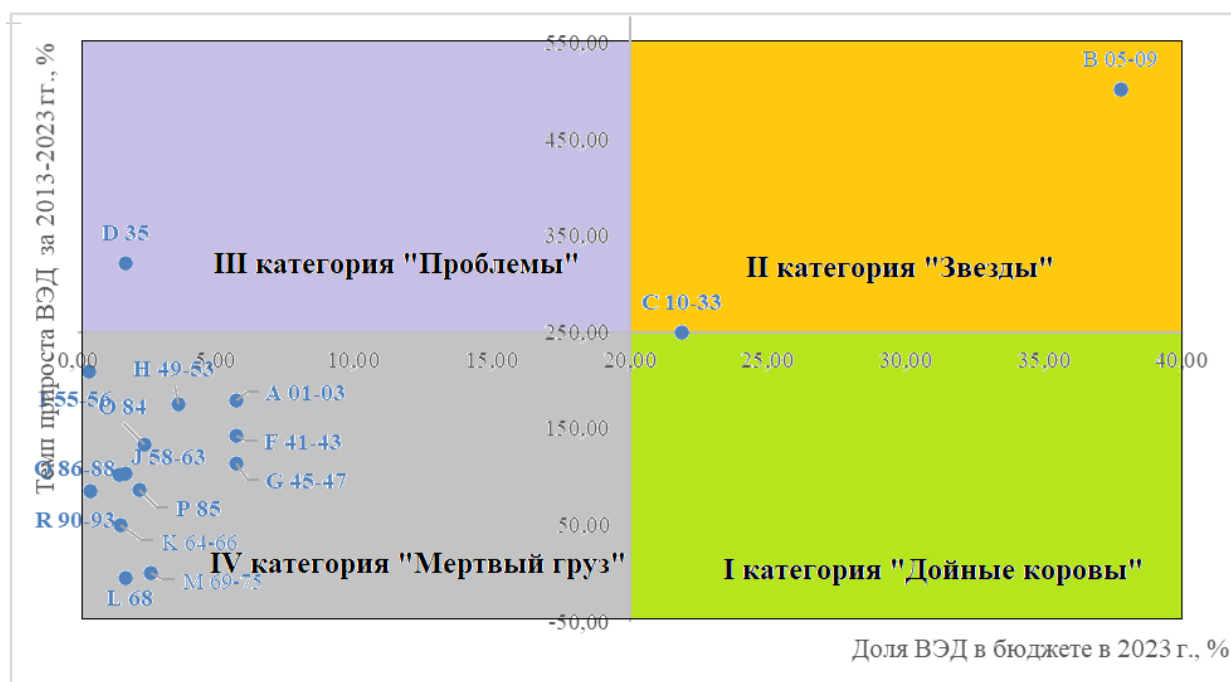


Рис. 2. Распределение видов экономической деятельности горнодобывающего региона по категориям в зависимости от вклада в консолидированный бюджет России и динамики за 2013–2023 гг.

Fig. 2. Distribution of types of economic activities of the mining region by category depending on the contribution to the consolidated budget of Russia and dynamics for 2013–2023

Примечание. Расчеты автора

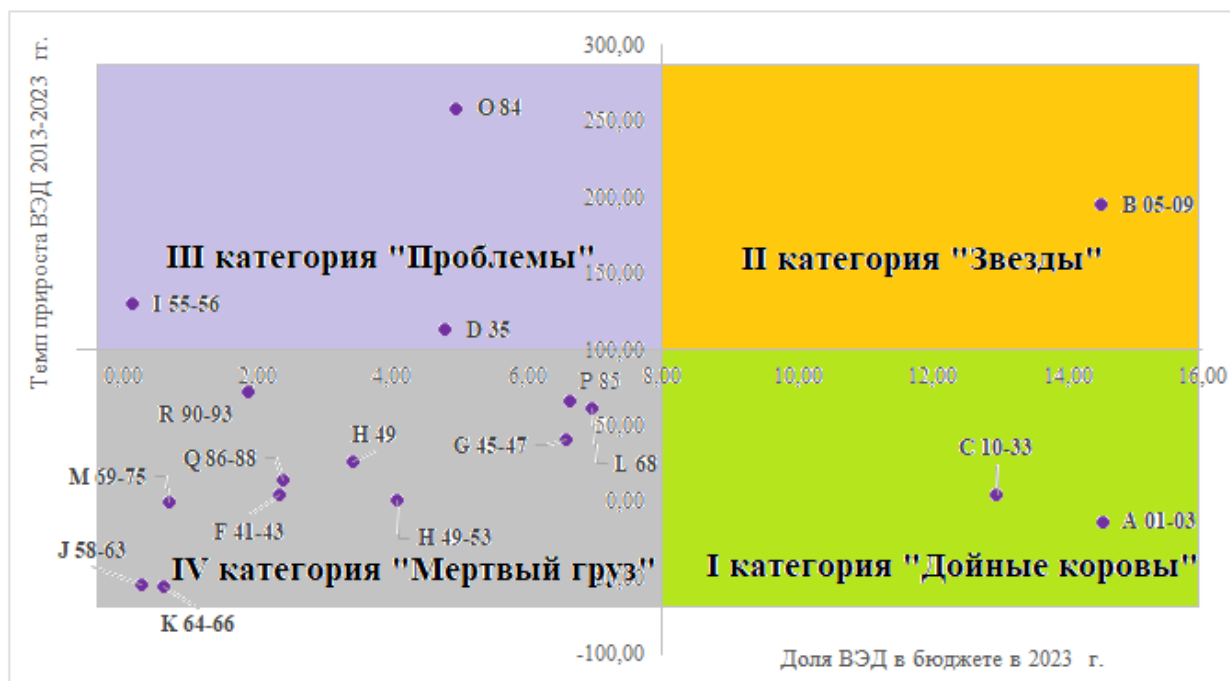


Рис. 3. Распределение видов экономической деятельности горнодобывающего региона по категориям в зависимости от вклада в региональный бюджет Белгородской области и динамики за 2013–2023 гг.

Fig. 3. Distribution of types of economic activities of the mining region by category depending on the contribution to the regional budget of the Belgorod region and dynamics for 2013–2023

Примечание. Расчеты автора

Анализ долгосрочного периода (с 2013 года по 2023 год), показал, что традиционно наиболее перспективным видом экономической деятельности является В 05-09 «Добыча полезных ископаемых», а именно – железной руды. Несмотря на долговременный характер, в 2023 году горнодобывающее производство по-прежнему обеспечивало наибольшее наполнение консолидированного бюджета (37,80 % от общих налоговых поступлений) и регионального бюджета (14,51 % от общих налоговых поступлений), сохраняя лидирующие темпы прироста (501,66 % для консолидированного и 195,09 % для регионального бюджетов). Достаточно перспективными, находящимися на границе категорий «Дойные коровы» и «Звезды» для консолидированного бюджета и в категории «Дойные коровы» для регионального бюджета, являются ВЭД, связанные с обрабатывающим производством (С 10-33). Более детальные исследования показали, что здесь наиболее перспективными являются «Производство металлургическое и производство готовых металлических изделий» (С 24-25) и «Производство пищевых продуктов» (С 10). Для регионального бюджета «дойной коровой» является сельскохозяйственное производство (А 01-03). В категорию дающих незначительные налоговые поступления при высоком темпе прироста налоговых показателей попал ВЭД «Обеспечение электрической энергией, газом и паром» (D 35), что объясняется ростом стоимости услуг распределяющих энергоресурсы компаний, являющихся естественными монополиями. Такой же монопольной формой предоставления услуг является ВЭД «Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение» (О 84), показавший хорошие темпы роста налоговых поступлений. Для регионального бюджета в категорию «проблемных», нуждающихся в протекционистских условиях и дополнительной государственной поддержке, попал ВЭД I 55-56 «Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания» (его доля в налоговых поступлениях в региональный бюджет всего 0,15 %; при этом темп роста 130,13 %) – предприятия этого вида деятельности наиболее чувствительны к кризисам. Остальные ВЭД относятся к категории IV «мертвый груз» – для экономики хозяйственной системы мезоуровня предприятия этой категории не представляют финансового интереса и с позиций экономической целесообразности не могут претендовать на существенную государственную поддержку.

Наибольшие глобальные вызовы, которые могли существенно изменить структуру экономики, возникли перед горнодобывающими хозяйственными системами мезоуровня в последнее время, начиная с 2019 года. В 2020 году мировую экономику потряс кризис, связанный с распространением коронавирусной инфекции. Все страны мира сократили промышленное производство – соответственно, снизилась потребность в ресурсах. Ко всему прочему, локдаун, вызванный необходимостью побороть коронавирус, привел к распространению нового феномена – гиг-экономики, основу которой составляет удаленная занятость и цифровизация целого ряда процессов на промышленных предприятиях, в первую очередь – связанных с управленческими функциями. Это привело к высвобождению трудовых ресурсов, нуждающихся в новых формах занятости. В 2022 году горнодобывающие хозяйственные системы столкнулись с новыми вызовами – на Российскую Федерацию «обрушилась лавина» санкций со стороны недружественных стран. Среди прочего, были нарушены договоры поставок для горнодобывающих предприятий, во многом укомплектованных оборудованием импортного производства, и отгрузки готовой продукции на экспорт.

Поэтому особый интерес представляет краткосрочный анализ (за период с 2019 года по 2023 год) распределения ВЭД по категориям в зависимости от вклада в консолидированный бюджет России (рис. 4) или в региональный бюджет Белгородской области (рис. 5).



Рис. 4. Распределение видов экономической деятельности горнодобывающего региона по категориям в зависимости от вклада в консолидированный бюджет России и динамики за 2019–2023 гг.

Fig. 4. Distribution of types of economic activities of the mining region by category depending on the contribution to the consolidated budget of Russia and dynamics for 2019–2023

Примечание. Расчеты автора

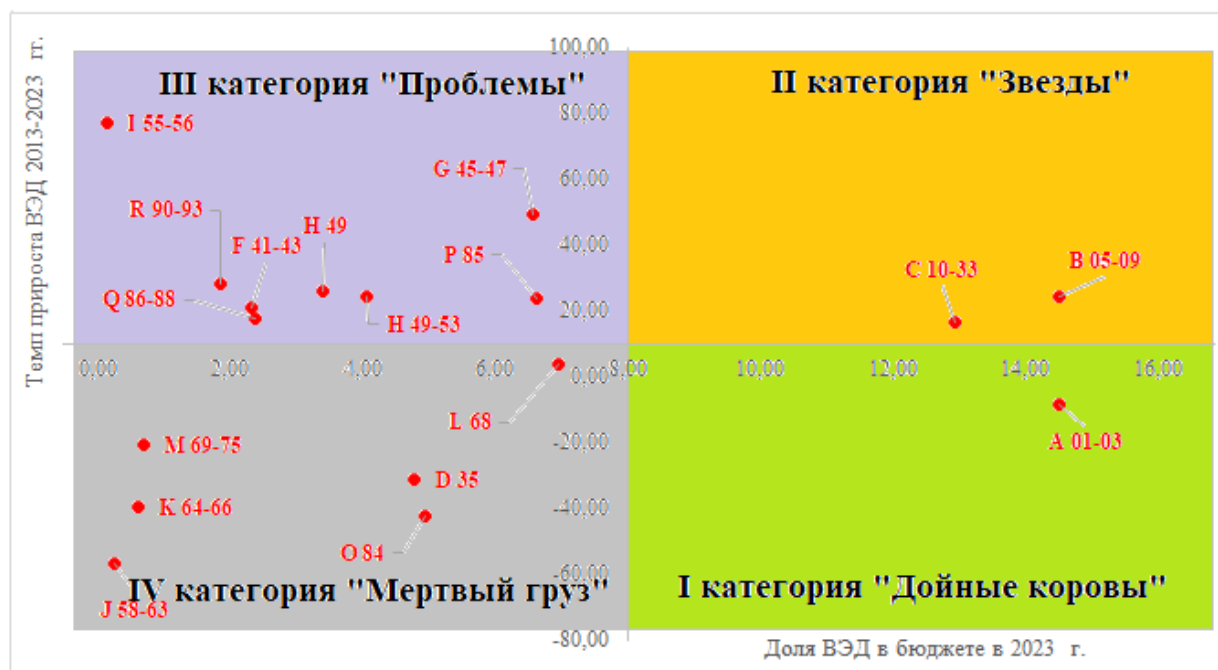


Рис. 5. Распределение видов экономической деятельности горнодобывающего региона по категориям в зависимости от вклада в региональный бюджет Белгородской области и динамики за 2019–2023 гг.

Fig. 5. Distribution of types of economic activities of the mining region by category depending on the contribution to the regional budget of the Belgorod region and dynamics for 2019–2023

Примечание. Расчеты автора

Краткосрочный анализ показывает прочность позиций ВЭД В 05-09 «Добыча полезных ископаемых» (за период 2019–2023 гг. прирост отчислений в консолидированный бюджет составил 90,85 %, а в региональный – 24,07 %). Сельскохозяйственное производство (А 01-03) сохранило свою категорию «дойной коровы» для регионального бюджета. Перспективными остаются в целом и ВЭД, связанные с обрабатывающим производством (С 10-33). Более детальные исследования показали, что необходимость ответа на новые вызовы помимо естественных монополий перевела в категорию ВЭД с быстрорастущими объемами налоговых поступлений в региональный бюджет G 45-47 «Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов», F 41-43 «Строительство», Р 85 «Образование», Н 49-53 «Транспортировка и хранение» и целого ряда других, усилила позиции I 55-56 «Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания». Таким образом, у горнодобывающего региона появились новые перспективные виды деятельности, что способствует диверсификации экономики и снижению зависимости от ресурсного экспорта. Помимо этого, наполнение регионального бюджета обеспечивает его сбалансированность и снижает зависимость от федеральных трансфертов. Однако, несмотря на значительный рост темпов поступлений в региональный бюджет, эти виды деятельности отнесены к категории «Проблемы» и нуждаются в особенных мерах государственной поддержки.

Заключение

Проведенные исследования позволили прийти к следующим выводам:

1 Динамика добычи полезных ископаемых в России является индикатором экономического развития мировой экономики. Новые глобальные вызовы геополитического генезиса привели к снижению объемов добычи полезных ископаемых по сравнению с аналогичным периодом 2020 года.

2 Экономические кризисы существенно подрывают экономику горнодобывающих хозяйственных систем мезоуровня, стратегическим направлением развития которых является диверсификация экономики с целью снижения зависимости от сырьевых доходов и повышения сбалансированности регионального бюджета.

3 С позиций экономической целесообразности государственной поддержки в условиях кризиса и общего снижения объемов финансирования инвестиционных программ целесообразно выделить те виды деятельности, поддержка которых даст наибольший результат.

4 Для выявления наиболее перспективных ВЭД одной из горнодобывающих хозяйственных систем мезоуровня – Белгородской области – была предложена авторская методика на основе модифицированной матрицы VCG; все виды деятельности, осуществляемой в регионе, были разделены на четыре категории, на основании чего были определены направления государственной поддержки.

5 Исследования показали, что традиционные для Белгородской области виды деятельности, а именно – добыча полезных ископаемых, обрабатывающее производство, сельское хозяйство, остаются довольно перспективными, невзирая на появляющиеся глобальные вызовы; предприятия, осуществляющие эти виды экономической деятельности, нуждаются в реализации инновационных проектов, направленных на модернизацию и обновление производства, чтобы не потерять имеющиеся позиции.

6 Необходимость ответа на новые вызовы способствовала диверсификации экономики горнодобывающей хозяйственной системы мезоуровня – стали быстро расти объемы налоговых поступлений в региональный бюджет не только от естественных монополий, но и от видов деятельности, связанных с оптовой и розничной торговлей, строительством, образованием, транспортом. Быстрорастущие налоговые доходы способствуют самодостаточности экономики горнодобывающей хозяйственной системы мезоуровня, снижая зависимость от ресурсного экспорта и поступления федеральных трансфертов. Однако предприятия, осуществляющие эти виды деятельности, особо нуждаются в протекционизме и других особенных мерах государственной поддержки, без которой шанс развиваться у них небольшой.

Список источников

- Динамика и анализ цен на металл. URL: <https://gostmetal.ru/dinamika/#i-1-22>. (дата обращения: 20.01.2024).
- Об утверждении Стратегии развития металлургической промышленности РФ на период до 2030 г.: Распоряжение Правительства РФ от 28 декабря 2022 г. № 4260-р. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405963845/> (дата обращения: 20.01.2024).
- О динамике промышленного производства в мае 2023 г.: Центр макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования. URL: http://www.forecast.ru/_ARCHIVE/Analytics/PROM/2023/PR-OTR_2023-06-28.pdf (дата обращения: 20.01.2024).
- Федеральная налоговая служба: Данные по формам статистической налоговой отчетности – Белгородская область. URL: https://www.nalog.gov.ru/rn31/related_activities/statistics_and_analytics/forms/ (дата обращения: 20.01.2024).
- BCG: официальный сайт. URL: <https://www.bcg.com/> (дата обращения: 20.01.2024).

Список литературы

- Бажутова Е.А., Биев А.А., Емельянова Е.Е., Серова В.А., Серова Н.А. 2019. Социально-экономическое развитие северо-арктических территорий России. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН: 119. DOI: 10.25702/KSC.978.5.91137.408.2.
- Бежанов И.В. 2023. Пути развития металлургической промышленности в России. Прогрессивная экономика, 10: 111–124.
- Бондарев Н.С., Ганиева И.А., Кононова С.А. 2022. Региональное управление экономикой Кемеровской области – Кузбасса в условиях санкций. Уголь, 12: 106–110. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-106-110.
- Владыка М.В., Стрябкова Е.А., Третьякова М.С. 2023. Особенности регионального развития России на основе формирования локального ресурсного потенциала. Экономика. Информатика, 50(2): 235–247. DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-2-235-247.
- Дмитрик Е.Г. 2016. Теоретические аспекты формирования новой конкурентной среды с целью расширения инновационного пространства. Инновационные подходы к решению социально-экономических, правовых и педагогических проблем в условиях развития современного общества: 20–24.
- Дрягина Л.А. 2023. Развитие региональной политики импортозамещения в Центральном федеральном округе в условиях новых санкционных ограничений. Экономика. Информатика, 50(4): 743–755. DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-4-743-755.
- Ислакаева Г.Р. 2020. Использование матрицы Бостонской консалтинговой группы в разработке стратегии развития корпораций и государства. Вестник УГНТУ: Наука. Образование. Экономика, 3(33): 116–122. DOI: 10.17122/2541-8904-2020-3-33-116-122.
- Самарина В.П., Складорова Е.А., Жилинкова А.П. 2023. Перспективы развития российской металлургии в условиях новых экономических вызовов геополитического генезиса. Фундаментальные исследования, 3: 17–22. DOI: 10.17513/fr.43437.
- Смирнова А.А., Антонова И.С. 2020. Модификация матрицы БКГ для оценки портфеля проектов компании. Beneficium, 1(34): 21–29.
- Стрябкова Е.А., Герасимова Н.А., Кулик А.М., Хребтов Д.В. 2023. Отраслевая структура экономики региона: базовые характеристики, факторы формирования. Экономика и предпринимательство, 9 (158): 516–521.
- Черникова А.А., Самарина В.П., Полева Н.А. 2010. Некоторые особенности влияния экономического кризиса на регионы России. Региональная экономика: теория и практика, 25: 8–18.
- Шинкевич А.И., Лубнина А.А. 2023. Турбулентность как ключевой фактор перехода к новому интегральному укладу. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права, 5 (102): 33–43. DOI: 10.21295/2223-5639-2023-5-33-43.
- Crozet M., Hinz J. 2020. Friendly fire: The trade impact of the Russia sanctions and counter-sanctions. Economic Policy, 35: 97–146. DOI: 10.1093/epolic/eiaa006.

- Ercis A., Unalan M. 2015. Analysis of the World's Most Innovative Companies on the Basic of Industry: 2005-2014. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195: 1081-1086. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.152>
- Li Zh., Li T. 2022. Economic Sanctions and Regional Differences: Evidence from Sanctions on Russia. *Sustainability*, 14: 6112. DOI: 10.3390/su14106112.
- Skufina T.P., Baranov S.V., Samarina V.P., Samarin A.V. 2019. Natural resources as a factor of socio-economic development of the Arctic territories: Theoretical components of the research problem. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 012156. DOI: 10.1088/1755-1315/302/1/012156.
- Shida Y. 2020. Russian business under economic sanctions: Is there evidence of regional heterogeneity? *Post-Communist Economic*, 32: 447–467. DOI: 10.1080/14631377.2019.1659567.

References

- Bazhutova E.A., Biev A.A., Yemelyanova E.E., Serova V.A., Serova N.A. 2019. Socio-economic development of the North-Arctic territories of Russia. Apatity: Publishing house of the KSC RAS: 119. (in Russian) DOI: 10.25702/KSC.978.5.91137.408.2.
- Bezhanov I.V. 2023. Ways of development of the metallurgical industry in Russia. *Progressive economy*, 10: 111–124. (in Russian)
- Bondarev N.S., Ganieva I.A., Kononova S.A. 2022. Regional economic management of the Kemerovo region – Kuzbass in the context of sanctions. *Coal*, 12: 106–110. (in Russian) DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-106-110.
- Vladyka M.V., Stryabkova E.A., Tretyakova M.S. 2023. Features of Russia's regional development based on the formation of local resource potential. *Economics. Information technologies*, 50(2): 235–247. (in Russian) DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-2-235-247.
- Dmitrik E.G. 2016. Theoretical aspects of the formation of a new competitive environment in order to expand the innovation space. *Innovative approaches to solving socio-economic, legal and pedagogical problems in the context of the development of modern society*: 20-24. (in Russian)
- Dryagina L.A. 2023. Development of a regional import substitution policy in the Central Federal District in the context of new sanctions restrictions. *Economics. Information technologies*, 50(4): 743–755. (in Russian) DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-4-743-755.
- Islakaeva G.R. 2020. The use of the Boston Consulting Group matrix in the development of corporate and government development strategies. *Bulletin of the USPTU: Science. Education. Economy*, 3(33): 116–122. (in Russian) DOI: 10.17122/2541-8904-2020-3-33-116-122.
- Samarina V.P., Sklyarova E.A., Zhilinkova A.P. 2023. Prospects for the development of Russian metallurgy in the context of new economic challenges of geopolitical genesis. *Fundamental research*, 3: 17–22. (in Russian) DOI: 10.17513/fr.43437.
- Smirnova A.A., Antonova I.S. 2020. Modification of the BCG matrix for evaluating the company's project portfolio. *Beneficium*, 1(34): 21-29. (in Russian)
- Stryabkova E.A., Gerasimova N.A., Kulik A.M., Hrebtov D.V. 2023. The sectoral structure of the region's economy: basic characteristics, factors of formation. *Economics and entrepreneurship*, 9 (158): 516–521.
- Chernikova A.A., Samarina V.P., Poleva N.A. 2010. Some features of the impact of the economic crisis on the regions of Russia. *Regional economics: theory and practice*, 25: 8–18. (in Russian)
- Shinkevich A.I., Lubnina A.A. 2023. Turbulence as a key factor in the transition to a new integrated structure. *Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law*, 5 (102): 33-43. (in Russian) DOI: 10.21295/2223-5639-2023-5-33-43.
- Crozet M., Hinz J. 2020. Friendly fire: The trade impact of the Russia sanctions and counter-sanctions. *Economic Policy*, 35: 97–146. DOI: 10.1093/epolic/eiaa006.
- Ercis A., Unalan M. 2015. Analysis of the World's Most Innovative Companies on the Basic of Industry: 2005-2014. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195: 1081-1086. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.152>
- Li Zh., Li T. 2022. Economic Sanctions and Regional Differences: Evidence from Sanctions on Russia. *Sustainability*, 14: 6112. DOI: 10.3390/su14106112.
- Skufina T.P., Baranov S.V., Samarina V.P., Samarin A.V. 2019. Natural resources as a factor of socio-economic development of the Arctic territories: Theoretical components of the research problem. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 012156. DOI: 10.1088/1755-1315/302/1/012156.



Shida Y. 2020. Russian business under economic sanctions: Is there evidence of regional heterogeneity? Post-Communist Economic, 32: 447–467. DOI: 10.1080/14631377.2019.1659567.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 18.01.2024

Поступила после рецензирования 02.02.2024

Принята к публикации 05.02.2024

Received January 18, 2024

Revised February 02, 2024

Accepted February 05, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Склярова Екатерина Александровна, аспирант, Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСИС», г. Старый Оскол, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ekaterina A. Sklyarova, Graduate Student, Sary Oskol Technological Institute – branch of National Research Technological University “MISIS”, Sary Oskol, Russia

УДК 336.018 (045)

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-45-55

Условия и перспективы развития приграничного и межрегионального торгово-экономического сотрудничества в зоне российско-китайского порубежья

Юйсинь Ян, Фанюнь Су, Камышанченко Е.Н.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85
E-mail: 13356261599@163.com, kamysh64@mail.ru

Аннотация. Поиск дополнительных резервов для экономического и социального развития регионов России является постоянной задачей для системы регионального управления. Регионы обширной зоны Российско-Китайского порубежья образуют специфический пространственный периметр со своими особенностями, проблемами и факторами ускорения социально-экономической динамики. Проблемам регионального социально-экономического развития субъектов Российско-Китайского порубежья уделяется в отечественной науке недостаточно внимания в силу дефицитного характера эмпирической базы, сложности наблюдения самого объекта, отдаленности полигона от основных научно-исследовательских центров и отсутствия фундаментальных наработок научно-методологического и прикладного характера. Именно по этим причинам проблемы социально-экономической динамики пространственного периметра Российско-Китайского приграничья до сих пор не получили должного научно-методического обеспечения. Исходя из этого, целью предпринятого исследования является получение достоверных эмпирических оценок, позволяющих вскрыть перспективы пространственно-экономического развития приграничных регионов Российско-Китайского порубежья. Исследование проводилось на основе методологии пространственного анализа функционирования границ как элементов экономического каркаса. В результате исследования были сформулированы рекомендации по активизации пространственно-экономического взаимодействия рассматриваемых регионов. Установлен дефицитный характер инфраструктурного обеспечения периметра Российско-Китайского межрегионального взаимодействия. Результаты исследования вносят вклад в научно-методическое обеспечение пространственной и региональной экономики, могут быть использованы при разработке документов, активизирующих и регламентирующих социально-экономическое развитие приграничных территорий в России.

Ключевые слова: приграничные регионы, развитие приграничных регионов, приграничное сотрудничество, пограничные переходы, межрегиональное сотрудничество, зона российско-китайского порубежья.

Для цитирования: Юйсинь Ян, Фанюнь Су, Камышанченко Е.Н. 2024. Условия и перспективы развития приграничного и межрегионального торгово-экономического сотрудничества в зоне российско-китайского порубежья. Экономика. Информатика, 51(1): 45–55. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-45-55

Conditions and Prospects for the Development of Cross-Border and Interregional Trade and Economic Cooperation in the Russian-Chinese Border Zone

Yuxin Yang, Fanyun Su, Elena N.Kamyshanchenko

Belgorod State National Research University
Russia, 308015, Belgorod, st. Pobeda, 85
E-mail: 13356261599@163.com, kamysh64@mail.ru

Abstract. The search for additional reserves for the economic and social development of Russian regions is a constant task for the regional management system. The regions of the vast zone of the Russian-Chinese

border form a specific spatial perimeter with their own characteristics, problems and factors for accelerating socio-economic dynamics. The problems of regional socio-economic development of the subjects of the Russian-Chinese border are not given enough attention in Russian scientific works due to the scarce nature of the empirical base, the complexity of observing the object itself, the remoteness of the test site from the main research centers and the lack of fundamental developments of a scientific, methodological and applied nature. It is for these reasons that the problems of socio-economic dynamics of the spatial perimeter of the Russian-Chinese border area have not yet received proper scientific and methodological support. Based on this, the purpose of the undertaken research is to obtain reliable empirical estimates that will reveal the prospects for the spatial and economic development of the border regions of the Russian-Chinese border. The study was conducted on the basis of the methodology of spatial analysis of the functioning of borders as elements of the economic framework. As a result of the study, recommendations were formulated to enhance spatial and economic interaction between the regions under consideration. The scarce nature of infrastructure support for the perimeter of Russian-Chinese interregional interaction has been established. The results of the study contribute to the scientific and methodological support of spatial and regional economics and can be used in the development of documents that activate and regulate the socio-economic development of border territories in Russia.

Keywords: border regions, development of border regions, cross-border cooperation, border crossings, interregional cooperation, Russian-Chinese border zone.

For citation: Yuxin Yang, Fanyun Su, Kamyshanchenko E. N. 2024. Conditions and Prospects for the Development of Cross-Border and Interregional Trade and Economic Cooperation in the Russian-Chinese Border Zone. Economics. Information technologies, 51(1): 45–55. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-45-55

Введение

Китай и Россия установили стратегическое партнерство между регионами в 1996 году. Были подписаны стратегические соглашения, в числе которых Китайско-Российский Договор о добрососедстве, дружбе и сотрудничестве. В 2023 году исполнилось 22 года с момента его ратификации [Договор о добрососедстве, дружбе..., 2001].

Согласно этому документу (статьи 7, 9, 16) ряд императивов касаются приграничных районов. Например, статья 16 гласит, что «договаривающиеся стороны на основе взаимной выгоды развивают сотрудничество в торгово-экономической, военно-технической, научно-технической, энергетической, транспортной областях, в ядерной энергетике, в финансовой, космической, авиационной областях, в сфере информационных технологий и других сферах, представляющих взаимный интерес, содействуют развитию приграничного и межрегионального сотрудничества в периметре Российско-Китайского порубежья и в соответствии с национальным законодательством каждой из них создают для этого необходимые благоприятные условия» [Договор о добрососедстве, дружбе..., 2001].

Далее инициатива со стороны России была сосредоточена в развитии «Большого Евразийского партнерства», а инициатива Китая была сформулирована тезисом «Один пояс, один путь». Это сформировало мощный импульс для развития приграничного сотрудничества.

23 июня 2016 года в столице Узбекистана Ташкенте главами государств Китая, Монголии и России была подписана «Программа создания экономического коридора Китай – Монголия – Россия». Были уточнены конкретное содержание, источники финансирования и механизм реализации строительства экономического коридора, его пространственные границы и характеристики, а также согласованы 32 ключевых проекта сотрудничества, охватывающих инфраструктурное взаимодействие, промышленное сотрудничество, модернизацию портов, энергетическое сотрудничество, таможенно-инспекционно-карантинную деятельность, экологическую охрану окружающей среды, науку и технологическое образование, культурные обмены, сельскохозяйственное сотрудничество, медицину и здравоохранение и другие [Программа создания..., 2016].

Таким образом, на институциональном уровне были сформированы стабильные политико-конъюнктурные предпосылки для ускорения и диверсификации социально-экономического, инфраструктурного, технико-технологического и пространственного

развития регионов в периметре Российско-Китайского порубежья. Именно потенциал приграничного сотрудничества и пространственно-экономической конвергенции может служить значимым резервом для ускорения динамики обозначенных регионов. Следовательно, перспективы их развития и совершенствования механизмов, его обеспечивающих, нуждаются в агрегации современным научно-методическим и аналитико-эмпирическим обеспечением.

Объекты и методы исследования

В статье представлена пространственно-значимая характеристика социально-экономического развития территориальной зоны Китайско-Российского порубежья. Исследование проведено на основе методологии пространственного и пространственно-экономического анализа и включения фактора «границ» в концептуальную основу аналитических подходов. Исходя из этого в статье дана оценка перспективам развития приграничного и межрегионального сотрудничества двух стран, что является резервом для ускорения динамики социально-экономического развития Российских регионов в периметре изучаемого порубежья.

Объектом исследования является территориально-очерченная административными и экономическими границами зона китайско-российского порубежья. Целью исследования является изучение детерминант и закономерностей, а также условий и перспектив пространственного социально-экономического развития регионов в китайско-российском порубежье с позиций имплантации пространственно-экономических факторов стабилизации и ускорения социально-экономической динамики.

Оценка условий и перспектив развития приграничного и межрегионального сотрудничества в зоне китайско-российского порубежья проведена на основе общенаучных и специальных методов исследования, совокупность которых формировалась на основе принципов системной методологии, эволюционного и ретроспективного подходов, трансформационной парадигмы и воспроизводственного подхода. Результативно, в соответствии с основным методологическим правилом, применены методы логических суждений, единства количественных и атрибутивных оценок, документальных и визуальных наблюдений, экономико-статистического анализа; приемы стратегического позиционирования, графического отображения редуцированного пространства многомерных данных.

Результаты и их обсуждение

Для развития приграничного сотрудничества необходимо картографически определить, какие регионы России и Китая граничат между собой в административно-территориальном плане: на востоке российско-китайская граница протекает в пределах нескольких приграничных регионов России и Китая. Российская Федерация имеет шесть регионов, относящихся к Российско-Китайскому порубежью: Амурская область, Еврейская автономная область, Республика Алтай, Забайкальский, Хабаровский, Приморский края [Дорошенко, 2020].

Китай имеет 4 провинции, граничащие с Россией: Синьцзян-Уйгурский автономный район, Внутренняя Монголия, провинция Хэйлунцзян, провинция Цзилинь.

Рассмотрим уровень социально-экономического развития четырех провинций Китая, расположенных в зоне китайско-российского порубежья. В таблице 1 приведен показатель ВВП четырех провинций на китайско-российских приграничных регионах за 2018–2022 гг.

Согласно материалам таблицы 1, с 2018 по 2022 год ВВП четырех провинций Китая демонстрировал тенденцию к росту, в том числе: Внутренняя Монголия – средний темп роста – 107,6 % за 2018–2022 гг., Синьцзян-Уйгурский автономный район – средний темп роста 108,5 % за 2018–2022 гг., Хэйлунцзян средний темп роста – 105,5 % за 2018–2022 гг., Цзилинь средний темп роста 103,8 % за 2018–2022 гг.

Таблица 1
Table 1

Показатель ВВП четырех провинций на китайско-российских приграничных регионах
за 2018–2022 гг., 100 млн юань
The GDP indicator of the four border provinces of China for the period 2018–2022,
100 mill. yuan

Провинция	годы					Средний темп роста за 2018–2022 гг.
	2018	2019	2020	2021	2022	
Внутренняя Монголия	17289,2	17212,5	17359,8	20514,2	23159	107,6 %
Темп роста, % к предыдущему году	-	99,6 %	100,9 %	118,2 %	112,9 %	
Синьцзян-Уйгурский автономный район	12809	13597	13801	16312	17741	108,5 %
Темп роста, % к предыдущему году	-	106,2 %	101,5 %	118,2 %	108,8 %	
Хэйлунцзян	12846,5	13544,4	13698,5	14858,2	15901	105,5 %
Темп роста, % к предыдущему году	-	105,4 %	101,1 %	108,5 %	107,0 %	
Цзилинь	11253,8	11726,8	12256,0	13163,8	13070,2	103,8 %
Темп роста, % к предыдущему году	-	104,2 %	104,5 %	107,4 %	99,3 %	

Примечание. Расчеты авторов по материалам [Statistical Bulletin..., 2023]

По данным, представленным на рисунке 2, доля первичного сектора экономики в провинции Цзилинь увеличится в 2022 году, а доля третичного сектора уменьшится. Доля отраслей промышленности Синьцзяна в 2022 году будет 44,9 %. Доля третичного сектора экономики в Хэйлунцзяне – 48,1 %. Наибольшая доля вторичной промышленности приходится на автономный район Внутренняя Монголия – 48,5 %.

В 2022 году валовой внутренний продукт (ВВП) провинции Цзилинь составит 1307,02 млрд юаней, при этом на первичную промышленность приходится 12,9 %, на вторичный сектор приходится 35,4 %, а на третичные сектора – 51,7 %.

В 2022 году валовой внутренний продукт (ВВП) провинции Хэйлунцзян составит 1590,1 млрд юаней, 22,7 % от первичного сектора экономики, 29,2 % от вторичного сектора экономики и 48,1 % от третичного сектора.

В 2022 году валовой внутренний продукт (ВВП) Внутренней Монголии 2315,9 млрд юаней, при этом на промышленность приходится 11,5 %, на вторичный сектор приходится 48,5 %, а на третичную сферу экономики – 40,0 %.

В 2022 году валовой внутренний продукт (ВВП) Синьцзян-Уйгурского автономного района составил 1774,134 млрд юаней, при этом на первичный сектор приходится 14,1 %, на вторичный сектор экономики – 41,0 %, а доля третичного составила 44,9 %.

Российские регионы, граничащие с Китаем, как уже было отмечено, представлены шестью субъектами. Это Амурская область, Еврейская автономная область, Республика Алтай, а также Забайкальский, Хабаровский, Приморский края. С одной стороны, все они территориально удалены от центров административной и экономической активности страны на значительное расстояние, характеризуются значительными издержками на его преодоление, с другой – имеют потенциал тяготения к межстрановым полюсам экономического роста и развития, получая от них дополнительные импульсы социально-экономического, технико-технологического и другого характера.

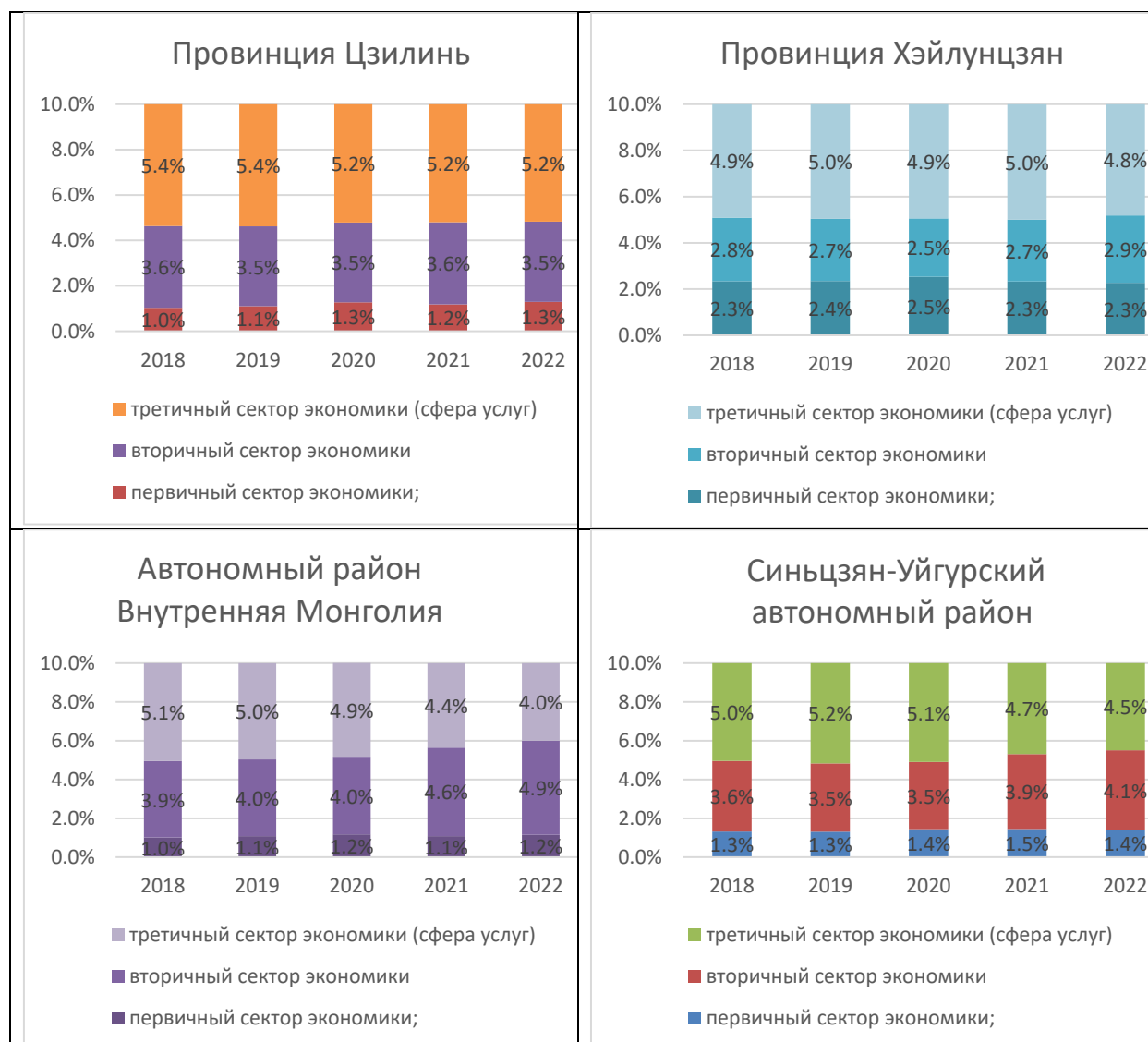


Рис. 1. Доля добавленной стоимости трех отраслей в региональном ВВП четырех провинций на китайско-российских приграничных регионах за 2018–2022 гг.

Fig. 1. The share of value added of three industries in the regional GDP of four provinces in the Chinese-Russian border regions for 2018–2022.

Примечание. Визуализировано авторами по материалам [Statistical Bulletin..., 2023]

Для понимания социально-экономического «портрета» российских регионов Китайско-Российского порубежья приведем их макроэкономические параметры – динамику ВРП за 2018–2022 гг. в абсолютных и относительных величинах (табл. 2).

Российские регионы Китайско-Российского порубежья по показателю ВРП находятся на подъеме. Средний темп роста за 2018–2022 гг.: Амурская область – 116,69 %, Еврейская автономная область – 112,98 %, Республика Алтай – 109,68 %, Забайкальский край – 112,77 %, Хабаровский край – 109,03 %, Приморский край – 110,68 %.

История межрегионального взаимодействия в территориальной зоне Российско-Китайского порубежья берет отсчет в 1991 году. Так, согласно положениям «Уведомления Главного управления Государственного совета Китая, препровождающее мнения Министерства экономики и торговли и других ведомств об активном развитии приграничной торговли и экономического сотрудничества в целях содействия процветанию и стабильности границы», выпущенное Государственным управлением в 1991 году, дальнейшее развитие приграничного взаимодействия имеет большое значение для содействия экономическому развитию территорий порубежья [Opinions on actively..., 1991].

Таблица 2
Table 2

Производство ВРП шести российских регионов российско-китайского приграничья
за 2018–2022 гг., миллионов рублей
Production of the gross regional product of six Russian regions of the Russian-Chinese border
area for 2018–2022, million rubles

Регионы РФ	Годы					Средний темп роста за 2018– 2021 гг.
	2018	2019	2020	2021	2022	
Амурская область	334164,4	395617,2	449317,5	530947,8	-	116,69 %
Темп роста, % к предыдущему году	-	118,39 %	113,57 %	118,17 %	-	
Еврейская автономная область	54577,8	56847,6	63177,1	78701,6	-	112,98 %
Темп роста, % к предыдущему году	-	104,16 %	111,13 %	124,57 %	-	
Республика Алтай	54069,4	57064	62850,8	71336,2	-	109,68 %
Темп роста, % к предыдущему году	-	105,54 %	110,14 %	113,50 %	-	
Забайкальский край	339838,9	369476,5	422734,5	487422,9	-	112,77 %
Темп роста, % к предыдущему году	-	108,72 %	114,41 %	115,30 %	-	
Хабаровский край	761589,2	805215,6	856904,8	987186,5	-	109,03 %
Темп роста, % к предыдущему году	-	105,73 %	106,42 %	115,20 %	-	
Приморский край	965485,2	1069330,7	1105672,6	1308884,1	-	110,68 %
Темп роста, % к предыдущему году	-	110,76 %	103,40 %	118,38 %	-	

Примечание. Расчеты авторов по материалам [Федеральная служба государственной статистики, 2023]

В 1992 были предприняты дальнейшие институциональные действия по формированию периметра Российско-Китайского приграничья. Были сняты ограничения с ряда территорий на транснациональное и межрегиональное взаимодействие. Так, было принято «Уведомление Государственного Совета Китая о дальнейшем открытии четырех приграничных городов»: открытие четырех приграничных переходов в городах Хэйхэ, Суйфэньхэ, провинция Хэйлуцзянь, Хуньчунь, провинция Цилинь и Маньчжурия, автономный округ Внутренняя Монголия [Notice of the State Council..., 1992].

Наряду с этим развивалась инфраструктура контактно-барьерного типа для обеспечения межрегионального пространственно-экономического сотрудничества. Экономика приграничных переходов (включая сухопутные) – это трансграничная, межрегиональная, межотраслевая и многоуровневая комплексная инфраструктурная система, ядром которой являются порты и отрасли, их обслуживающие. Экономика приграничных переходов должна быть взаимоувязана с экономикой взаимодействующих регионов [Li Qi, 2010].

К настоящему времени сложилось несколько модельных механизмов межрегионального взаимодействия в периметре Российско-Китайского приграничья. Так, ратифицировано создание ключевой пилотной зоны развития Суйфэньхэ-Дуннин, комплексной таможенной зоны Суйфэньхэ, таможенного логистического центра Хэйхэ (тип В) и таможенного логистического центра Муданьцзян (тип В) в приграничной зоне

провинции Хэйлунцзян, а также ведется строительство двух проектов национального уровня в Хэйхэ и Суйфэньхэ [Guofa, 2019].

В зоне Российско-Китайского приграничного взаимодействия утверждены и созданы 10 китайско-российских приграничных зон взаимной торговли в приграничных портовых городах и уездах: Дуннин, Хэйхэ, Суйфэньхэ, Тунцзян, Луобэй, Фуюань, Хулин, Мишань, Жаохэ и Сюньке. Китай создал в России 16 зон китайско-российского экономического и торгового сотрудничества. Среди них Уссурийская зона экономического и торгового сотрудничества России, Китайско-российская зона сотрудничества в области сельскохозяйственной промышленности и Зона экономического и торгового сотрудничества лесного хозяйства Лунъюэ в России являются зарубежными зонами экономического и торгового сотрудничества с Россией национального уровня, а 5 зарубежных парков были включены в российскую зону опережающего развития и пользуются льготной политикой России [Zhu Mengmeng, Lin Zihua, 2022].

Суйфэньхэ расположен на юго-востоке провинции Хэйлунцзян, рядом с Владивостоком (крупным городом на Дальнем Востоке России). Порт Суйфэньхэ — погранпереход, связанный с Россией автомобильным транспортом.

Автор Ван Е отмечала, что приграничные города являются важными узлами для развития торгово-экономических союзов с зарубежными странами, а также важными каналами взаимного использования энергоресурсов или обмена производственным сырьем, повышения стоимости и реорганизации с другими приграничными странами. Создание инфраструктуры транзита материальных потоков в приграничных городах имеет далеко идущее значение и играет жизненно важную роль в всестороннем развитии локальной и мезо-экономики в приграничных районах [Wang Ye, 2013].

Город Хэйхэ, провинция Хэйлунцзян, Китай, находится через реку от Благовещенска, столицы Амурской области России. Используя стратегические возможности инициативы «Один пояс, один путь», эти два места совместно проводят различные выставки, торговые переговоры и т. д.

По мнению Бийе Фрэнк, на протяжении 4000 км российско-китайской государственной границы местом, где пространственные структуры урбанистического каркаса оказываются ближе всего, являются маньчжурские города — Благовещенск (Россия) и Хэйхэ (Китай), расположенные на противоположных берегах реки Амур. Несмотря на экономическую взаимозависимость, эти города не являются близнецами в полном смысле [Бийе Ф., 2014].

Приграничные города активно расширяли приграничную торговлю и местную торговлю в других странах, развивали различные формы экономического сотрудничества, такие как инвестиционное сотрудничество, технические обмены и сотрудничество в сфере трудовых услуг, и рационально использовали местные преимущества для развития перерабатывающей, обрабатывающей промышленности и третичного сектора, улучшая условия жизни людей в приграничных районах и продвигая процветание и стабильность местного сообщества.

С тех пор, как была предложена инициатива «Один пояс, один путь», сотрудничество по проектам приграничной инфраструктуры достигло огромного прогресса. Было инициировано и реализовано значительное количество инфраструктурных проектов с барьерными и контактными функциями, обслуживающими пограничный режим межрегионального взаимодействия [Joint Statement..., 2023].

Всесторонний анализ условий и перспектив развития пространственных взаимодействий в регионах Китайско-Российского порубежья представлен в матрице SWOT-анализа (табл. 3).

Периметр регионов Российско-Китайского порубежья становится мегаполисом активного роста и развития в связи с «поворотом на Восток». Межрегиональное взаимодействие в этой связи является катализирующим фактором, требующим своего

включения в программы и проекты инфраструктурного, социально-трудового, энергетического и производственного характера. Осмысливая сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы для взаимного развития регионов Российско-Китайского порубежья, отметим, что в перспективе целесообразным выглядит разработка и реализация специальной стратегии пространственного социально-экономического регулирования и стимулирования приграничных субъектов.

Таблица 3
Table 3

SWOT-анализ перспектив развития китайско-российских приграничных регионов
SWOT analysis of development potential of Chinese-Russian border regions

Strengths (сильные стороны)	Weaknesses (слабые стороны)
Преимущество географического положения; Ресурсные преимущества; Приграничная торговля, туризм и т. д.; Рост иностранных инвестиций ТНК на строительство предприятий; Благоприятные исторические и политические преимущества международной среды	Промышленная база на китайско-российской границе отсутствует; Узкий ассортимент производимой продукции; Производство товара с низкой добавленной стоимостью; Отсутствие пропаганды и рекламы; Политика протекционизма и высокие таможенно-тарифные барьеры
Opportunities (возможности)	Threats (угрозы)
Быстрое экономическое развитие; Благоприятная политическая среда открывает возможности для взаимовыгодного сотрудничества; Политическая поддержка, такая как стратегия «Один пояс, один путь»; Международная экономическая интеграция способствует развитию приграничных территорий; Приграничная торговля осуществляет расчеты в местной валюте	Вопросы общественной безопасности; Угроза нелегального перехода границы; Угроза террористической атаки; Разные подходы к регулированию приграничной торговли; Эмиграция населения региона

Примечание. Составлено авторами.

Заключение

Проведенные исследования, собственные наблюдения и критическое осмысление полученных первичных и обработанных данных позволили авторам сформулировать ряд выводов и обобщений рекомендательно-прикладного плана.

Основными препятствиями, которые ограничивают развитие приграничного и межрегионального сотрудничества в зоне китайско-российского порубежья, являются: очевидный отток населения и серьезная нехватка трудовых ресурсов; дисбаланс и неравномерности в развитии между приграничными регионами; инфраструктурные ограничители и дефициты; отставание в информационно-технологическом развитии профессиональных рынков; дефицит регионального человеческого и креативного капитала и др.

Для решения этих комплексных, инерционно-хроникализованных проблем необходимы системные мероприятия на уровне институтов управления региональным развитием в РФ. Их ключевыми векторами могут служить следующие императивы и ориентиры системно-стратегического плана.

Во-первых, ускоренное развитие проектов привлечения талантов, сосредоточение внимания на решении проблемы их удержания и привлечения. Требуется внимание в доктринальной поддержке приграничных районов, а именно, совершенствование политики занятости и поощрения выпускников бакалавриата, имеющих регистрацию домохозяйств в

приграничных районах, стимулирование возвратной миграции на работу в свой родной город, внедрение принципов адресной работы и обучения талантов в приграничных регионах; совершенствование системы трудоустройства иностранных талантов, чтобы обеспечить удобные условия въезда, выезда и проживания для иностранных агентов, работающих и открывающих бизнес в приграничных регионах.

Во-вторых – ускорить строительство инфраструктуры пространственного взаимодействия, выполняющей контактные и барьерные функции в приграничных регионах: железных дорог и дорог общего пользования, насыпей и других средств борьбы с наводнениями на малых и средних реках, инфраструктуры борьбы с эрозией почв и естественными факторами изменения национальных границ в приграничных районах. Отдельный аспект в инфокоммуникационной составляющей: требуются информационные платформы и комплексные рынки обслуживания населения в сельской местности, расширенный информационный сервис в приграничных районах, строительство базовых станций передачи сигнала в районах, где сигналы мобильных телефонов недоступны в условиях приграничья.

В-третьих, ускорить развитие доминирующих отраслей промышленности и сформировать эффективную систему промышленной структуры. Ускорить развитие индустрии производства экологически чистых продуктов, энергично развивать торговую логистику и электронную коммерцию, а также активно содействовать созданию рынков спотовой и фьючерсной торговли товарами. Оказывать поддержку предприятиям складской, перерабатывающей и холодильной логистики в приграничных районах для решения проблем с вывозом продукции в приграничные районы. Активно развивать характерные торговые рынки для интеграции внутренней и внешней торговли в приграничных районах, осуществлять углубленное трансграничное сотрудничество в области электронной коммерции, ускорять развитие глобального туризма и отдавать предпочтение реализации взаимовыгодных проектов, созданию совместных фондов.

В-четвертых, повысить уровень открытости внешнему миру и дальше улучшать условия для открытости внешнему миру. Активизировать строительство пилотных китайско-российских зон свободной торговли, демонстрационных зон для трансграничного сотрудничества и открытых зон для развития вдоль границы. Повысить уровень внешней инфраструктуры в приграничных районах, улучшить инфраструктуру, такую как складирование и логистика, портовый обмен и инспекционные объекты.

В-пятых, улучшить систему поставок туристских продуктов, модернизировать инфраструктуру туристских услуг, усилить продвижение туристических брендов, сотрудничать в развитии международного туристского рынка и оптимизировать условия развития туристической торговли.

Принятие за основу данных направлений, их закрепление на уровне федеральных, региональных и локальных документов стратегического территориального планирования и целеполагания создаст условия для перспективного развития приграничного и межрегионального сотрудничества в зоне российского-китайского порубежья, будет служить катализатором ускорения социально-экономической динамики субъектов этого периметра.

Список источников

- Договор о добрососедстве, дружбе и сотрудничестве между Российской Федерацией и Китайской Народной Республикой. URL: <http://www.kremlin.ru/supplement/3418> (дата обращения: 18.01.2024).
- Программа создания экономического коридора Китай – Монголия – Россия. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/80c240c6a439ba99e9b254fa9254317f/programma_ekonomicheskogo_koridora_kitay_mongoliya_rossiya.pdf (дата обращения: 18.01.2024).
- Федеральная служба государственной статистики РФ. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 18.01.2024).

- Heilongjiang Statistical Bulletin. URL: <https://www.hlj.gov.cn/hlj/c108419/zfxgk.shtml> (дата обращения: 18.01.2024).
- Jilin Provincial Bureau of Statistics - Annual Bulletin. URL: <http://tjj.jl.gov.cn/tjsj/tjgb/ndgb/> (дата обращения: 18.01.2024).
- Joint Statement by the President of the People's Republic of China and the President of the Russian Federation on the development plan of the key Directions of China-Russia Economic cooperation before 2030. URL: https://www.gov.cn/xinwen/2023-03/22/content_5747725.htm (дата обращения: 18.01.2024).
- Notice of the State Council of China on Issuing the Overall Plan for the Establishment of Six New Pilot Free Trade Zones Guofa [2019] No. 16. URL: https://www.gov.cn/zhengce/content/2019-08/26/content_5424522.htm (дата обращения: 18.01.2024).
- Notice of the State Council on further opening up Heihe and other four border cities to the outside world, Guohan [1992] No. 21 [Электронный ресурс]. URL: https://www.gov.cn/zhengce/content/2010-12/27/content_4966.htm?trs=1
- Opinions on Actively Developing Border Trade and Economic Cooperation to Promote Border Prosperity and Stability Guobanfa [1991] No. 25 [Электронный ресурс]. URL: https://www.gov.cn/zhengce/content/2010-12/23/content_4990.htm
- Statistical Bulletin of the Statistics Bureau of Inner Mongolia Autonomous Region. URL: <http://tj.nmg.gov.cn/tjyw/tjgb/> (дата обращения: 18.01.2024).
- Statistical Bulletin of the Statistics Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region. URL: <https://tjj.xinjiang.gov.cn/tjj/tjgn/ist.shtml> (дата обращения: 18.01.2024).
- Wang Ye. Research on the development of border cities in Northern China [D]. Shaanxi Normal University, 2013.

Список литературы

- Бийе Ф. 2014. Современность в пространственном измерении: открытые рынки, герметичность и вертикальность в двух приграничных городах России и Китая. *Экономическая социология*, 2: 76–98.
- Дорошенко С.В. 2020. Приграничные регионы России и Китая: проблемы и приоритеты развития. *Россия: тенденции и перспективы развития*, 15-1: 662–668.
- Li Qi. 2010. China and Central Asia: The foreign-related characteristics of the border port Economy--A Bird's eye view of the development of the Korgos Port in Xinjiang. *Journal of Xinjiang Normal University (Philosophy and Social Sciences Edition)*, 31(04): 25–31.
- Zhu Mengmeng, Lin Zihua. 2022. Status quo and optimization strategy of Sino-Russian border trade cooperation[J]. *Open Herald*, (01): 97–103. DOI:10.19625/j.cnki.cn44-1338/f.2022.0001.

References

- Biye F. 2014. Modernity in spatial dimension: open markets, tightness and verticality in two border cities of Russia and China. *Economic Sociology*, 2: 76–98. (in Russian)
- Doroshenko S. V. 2020. The border regions of Russia and China: problems and priorities of development. *Russia: Trends and Prospects of development*, 15-1: 662–668. (in Russian)
- Li Qi. 2010. China and Central Asia: The foreign-related characteristics of the border port Economy--A Bird's eye view of the development of the Korgos Port in Xinjiang. *Journal of Xinjiang Normal University (Philosophy and Social Sciences Edition)*, 31(04): 25–31.
- Zhu Mengmeng, Lin Zihua. 2022. Status quo and optimization strategy of Sino-Russian border trade cooperation[J]. *Open Herald*, (01): 97–103. DOI:10.19625/j.cnki.cn44-1338/f.2022.0001.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported

Поступила в редакцию 05.12.2023

Поступила после рецензирования 25.02.2024

Принята к публикации 03.03.2024

Received December 05, 2023

Revised February 25, 2024

Accepted March 03, 2024



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ян Юйсинь, аспирант кафедры прикладной экономики и экономической безопасности, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Yang Yuxin, postgraduate student of the Department of Applied Economics and Economic Security, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Су Фанюнь, аспирант кафедры прикладной экономики и экономической безопасности, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Su Fangyun, postgraduate student of the Department of Applied Economics and Economic Security Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Камышанченко Елена Николаевна, доктор педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой мировой экономики, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Elena N. Kamyshanchenko, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of World Economics, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia



ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ INVESTMENT AND INNOVATIONS

УДК 338.22

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-56-69

Перспективы инновационного развития Белгородской области с учетом принципов «умной специализации»

Даньков С.О.

АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов»

Россия, 121099, г. Москва, ул. Новый Арбат, д. 36

E-mail: dankovso@yandex.ru

Аннотация. Целью является обоснование направлений инновационного развития региона согласно концепции «умной специализации», соответствия ее принципам и рекомендациям. В данной статье решалась задача оценки влияния инновационных технологий на социально-экономическое пространство региона с целью изучения существующих видов деятельности и их специфики, развития новых инновационных отраслей экономики региона, обусловленных состоянием и развитием науки, наличием кадров, современной инфраструктуры и различных ресурсов, учитывая общегосударственные приоритеты научно-технологического развития. Отсутствие научно обоснованной методологической и методической базы для проведения оценок потенциальных возможностей регионального рынка и проектов по его коммерциализации выявляет ряд проблем в использовании потенциальных возможностей региона в развитии новых инновационных видов деятельности. Научной новизной исследования является формирование отраслевых приоритетов, основываясь на уникальных конкурентных преимуществах региона, растущих новых видов деятельности, применении лучших практик, опыта, компетенций и технологий. Результаты исследования позволили, при использовании данных Росстата, идентифицировать текущие отраслевые специализации семи регионов Центрального федерального округа (ЦФО), произвести предварительный экономический анализ, сделать обзор и дать оценку состояния уровня развития основных и приоритетных отраслей регионов, рассмотреть подход к выбору направлений инновационного развития Белгородской области с учетом принципов «умной специализации». Практическая значимость исследования состоит в обосновании альтернативных решений и вероятностных последствий развития экономики Белгородской области до 2030 года, включающих перспективные и конкретные виды отраслевой специализации, предлагаемые на основе принципов «умной специализации».

Ключевые слова: региональная экономическая политика, региональная политика, регион, развитие, административно-территориальный субъект, умная специализация, отраслевой портфель.

Для цитирования: Даньков С.О. 2024. Перспективы инновационного развития Белгородской области с учетом принципов «умной специализации». Экономика. Информатика, 51(1): 56–69. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-56-69

Prospects for Innovative Development of the Belgorod Region, Considering the Principles of "Smart Specialization"

Sergey O. Dankov

ANO Agency for Strategic Initiatives for the Promotion of New Projects

36 Novy Arbat str., Moscow, 121099, Russia

Abstract. The purpose is to substantiate the directions of innovative development of the region according to the concept of “smart specialization”, compliance with its principles and recommendations. This article solves

the problem of assessing the impact of innovative technologies on the socio-economic space of the region in order to study existing activities and their specifics, the development of new innovative sectors of the region's economy due to the state and development of science, the availability of personnel, modern infrastructure and various resources, taking into account national priorities of scientific and technological development. The lack of scientifically grounded methodological and methodical base for assessing the potential of the regional market and projects for its commercialization reveals a number of problems in using the potential of the region in the development of new innovative activities. The scientific novelty of the research is the formation of industry priorities based on the unique competitive advantages of the region, growing new types of activities, the application of best practices, experience, competencies and technologies. The results of the study allowed, using Rosstat data, to identify the current industry specializations of seven regions of the Central Federal District of Russia, to make a preliminary economic analysis, to review and assess the state of development of the main and priority sectors of the regions, to consider an approach to choosing directions for innovative development of the Belgorod region, taking into account the principles of "smart specialization". The practical significance of the study consists in substantiating alternative solutions and the probabilistic consequences of the Belgorod Region's economy until 2030, including promising and specific types of industry specialization proposed on the basis of the principles of "smart specialization".

Keywords: regional economic policy, regional policy, region, development, administrative-territorial entity, smart specialization, industry portfolio.

For citation: Dankov S.O. Prospects for Innovative Development of the Belgorod Region, Considering the Principles of "Smart Specialization". Economics. Information technologies, 51(1): 56–69. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-56-69

Введение

Исследование социально-экономического развития региона напрямую связано с изучением подходов регионального правительства к выбору средств и методов развития экономики с проведением как качественных, так и количественных оценок текущего состояния основных составных элементов промышленности, сельского хозяйства, науки и кадров.

Многообразие существующих факторов, оказывающих заметное влияние на развитие региона, а также их взаимное влияние и воздействие друг на друга, определяют различные сценарии перспективного развития региона, его экономический уклад со сложным характером его неравномерности.

Развитие исследований уровня инновационного развития региональных инновационных систем (РИС) направлено на оптимизацию использования их сырьевых и финансовых ресурсов, экономических и хозяйственных возможностей, результативности и эффективности научно-технологических исследований и процессов, стабильности развития производства и рынков сбыта, внедрения перспективных инновационных продуктов и услуг, пересмотр отраслевых портфелей и трендов, выбор эффективных способов использования имеющихся инвестиционных и финансовых ресурсов.

В современных условиях и текущей ситуации для оптимального социально-экономического развития как страны, так и отдельных субъектов РФ, определения направлений роста производства и экономики в целом, необходимы современные обоснованные, научные, объективные и практические подходы, одним из которых целесообразно рассматривать «умную специализацию» как инструмент переориентации рынков сбыта, освоения и внедрения новых отраслей и видов инновационных производств, расширения ассортимента выпускаемой продукции и перспективных услуг.

Представленная информация в дальнейшем позволит перейти к более сложному анализу с идентификацией и использованием соответствующих математических моделей и закономерностей их применения.

Обзор литературы

К настоящему времени существует определенная научная база, затрагивающая особенности и закономерности развития сложных экономических систем, их исследование, оценку эффективности функционирования и построения индекса инновационного развития регионов (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Методы построения индекса инновационного развития регионов Methods of constructing the index of innovative development of regions

Название метода	Организации	Характеристика
Методология построения индекса инновационных регионов ЕС	Всемирный экономический форум European Innovation Scoreboard	В основе подходов лежат оценка качества среды для развития инновационной деятельности, а также показателей производства и использования инноваций. Строятся с учетом оценки четырех групп показателей: уровень человеческого капитала (30 %); уровень экономической динамики (30 %); производительность труда и занятость (30 %); экономическое благосостояние региона (10 %)
Национальная ассоциация инноваций и развития информационных технологий		
Американский индекс инновационного развития регионов РП		
Рейтинг инновационных регионов России	РАНХиГС при Президенте РФ Ассоциация инновационных регионов Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ Институт инновационной экономики Финансового университета при Правительстве РФ	Методы основываются на оценке ключевых показателей: социально-экономические условия; научно-технический потенциал; характеристики инновационной деятельности; качество инновационной политики. Рассматривают уровень научных исследований и разработок, инновационную активность предприятий, социально-экономические условия инновационной деятельности, квалификацию применяемого и используемого персонала; создание новых знаний, их передача и применение на производстве. Строятся на основе официальной информации Росстата и статистики федеральных ведомств: Минфина, Банка России, Минсвязи, МВД и Минприроды
Российский региональный инновационный индекс (РРИИ)		
Индекс инновационного развития региона		
Рейтинг инвестиционной привлекательности регионов		

Источник: Составлено на основе обобщения источников.
Source: Compiled on the basis of generalization of sources.

Методики анализа инновационного развития РИС достаточно подробно освещены в научных трудах российских и зарубежных ученых, которые позволяют выявить конкурентные преимущества регионов, их специализацию, определить экономическую и социальную политику перспективного развития региона. Данные методики позволяют определить предполагаемые перспективные направления развития региона, оптимальное

использование существующих ресурсов для дальнейшего развития, наличие научного и производственного потенциала в освоении новых направлений.

В свою очередь проведенный анализ позволил выявить ряд упущений: в рассмотренных методах и методиках ряд показателей не предполагает использование экспертных оценок, часть применяемых показателей не согласованы между собой, часть показателей невозможно рассчитать, используя открытую статистическую информацию.

Несовершенство статистики на региональном уровне, а именно, использование недостаточного набора показателей не позволяет объективно оценить экономический потенциал региона, искажает оценку уровня его инновационного развития и влияние отдельных показателей на предполагаемый результат.

Объекты и методы исследования

Развитие социально-экономической среды региона должно быть направлено на совершенствование экономического и инновационного потенциала, активизацию деятельности участников этого процесса – «власть – наука – бизнес – инвесторы – общество» [Balland, Boschma, 2021a, 2021b]. При этом основными направлениями являются:

- создание, развитие трансфера технологий на основе научных знаний, открытий, изобретений, патентов, результатов современных перспективных НИОКР;
- внедрение и использование принципов «умной специализации»;
- участие представителей власти, науки, бизнеса и общественных организаций в обсуждении вопросов социально-экономического и инновационного развития региона с использованием налоговых стимулов и субсидий;
- технологическая модернизация различных отраслей экономики за счет использования и внедрения современных цифровых технологий.

Для оценки экономической эффективности развития и специализации региона на основе принципов «умной специализации» проанализированы Стратегии развития, дорожные карты и планы мероприятий регионов ЦФО, проведена оценка и степень достижения утвержденных целей. В исследовании использовались методы научного поиска, системный и критический всесторонний анализ, абстрагирование, сравнение, индукция, дедукция, обобщение и аналогия.

Результаты и их обсуждение

ЦФО отличает многообразие сложившихся специализаций – это и экономико-географическое положение, и трудовые ресурсы, и созданный производственный и технологический потенциал. Стратегия развития Российской Федерации предполагает социально-экономическое, инновационное развитие субъектов РФ, их специализацию с учетом природного, трудового, научно-технического потенциала и иных активов.

Анализ региональных инновационных стратегий развития регионов ЦФО позволяет сформировать ряд критериев и отметить тесную взаимосвязь данных инновационных стратегий. Первый критерий связан с соответствующим социально-экономическим положением регионов. Вторым критерием является их инновационно-технологическая специализация, которая зависит от экономической и производственной структуры региона и от имеющихся в регионе научных кадров, высших учебных заведений и их влияния на принятие решений, научно-исследовательских организаций, а также инвесторов. Третий критерий – потребности общества в инновационных преобразованиях, ориентированных на будущее и находящихся в компетенции местных органов власти, бизнеса и общественных организаций.

Современные требования в области формирования и развития экономической специализации регионов предполагают применение принципов «умной специализации» для выполнения следующих обязательных условий: изучение мировых технологических

трендов и тенденций научно-технического развития, проведение детального анализа состояния сырьевых и финансовых ресурсов, степень износа средств производства, выявление скрытых возможностей в смежных областях, определение компетенций регионов-соседей, инновационного потенциала региона, анализ возможных угроз с анализом потребностей общества и экономическими возможностями, обоснование приоритетов инновационного развития региона и направлений инновационной политики и деятельности государства, бизнеса, науки и общества.

«Умная специализация» является обоснованным и важным инструментом выделения финансовых средств, учета различных ресурсов, объединения усилий власти, общества, инвесторов, науки и предпринимательства для активизации и концентрации внимания на региональных условиях и возможностях [Стрябкова, Лыщикова, 2019]. Направления этой деятельности представлены на рис. 1.



Рис. 1. Направления и цели развития РИС с учетом принципов «умной специализации»
 Источник: Составлено на основе обобщения источников [Еферин, 2021; Еферин, Куценко, 2021; Суховей, Голова, 2020]

Fig. 1. Directions and goals of RIS development, taking into account the principles of «smart specialization»

Source: Compiled on the basis of a generalization of sources [Eferin, 2021; Eferin, Kutsenko, 2021; Sukhovey, Golova, 2020]

Анализ отраслевых портфелей и приоритетов соседних с Белгородской областью регионов представлен в табл. 2.

Авторами Куценко Е.С., Ефериным Я.Ю были предложены возможные сценарии межрегионального взаимодействия: интеграция, конкуренция, смешанное развитие и «свой путь» [Еферин, Куценко, 2021; Еферин, 2021; Kutsenko, Eferin, 2019]. Перечень сценариев межрегионального взаимодействия представлен в табл. 3.

Таблица 2

Table 2

Анализ отраслевых портфелей и приоритетов соседних с Белгородской областью регионов
Analysis of industry portfolios and priorities of neighbors

Вид деятельности (торгуемая отрасль)	Тул	Врн	Брян	Орл	Бел	Курс	Лип
Авиастроение и космос							
Автомобилестроение							
Бытовая техника							
Вторичные металлические изделия							
Деловые и IT услуги							
Деятельность в области связи							
Добыча металлических руд							
Добыча неметаллических руд							
Добыча угля							
Животноводство и смешанное сельское хозяйство							
Киноиндустрия							
Культура							
Лесная промышленность							
Мебель							
Медоборудование							
Металлообрабатывающая промышленность							
Микроэлектроника и приборостроение							
Мясная продукция							
Наука							
Образование							
Обувь							
Огнеупорные материалы и резиновые изделия							
Одежда							
Оптовая торговля и электронная коммерция							
Офисное оборудование и товары для досуга							
Очистка и распределение воды, обработка отходов							
Первичные металлические изделия							
Пластмассовые изделия							
Полиграфия и печать							
Продукты питания							
Производство и передача электроэнергии							
Производство коммуникационного оборудования							
Растениеводство							
Сельскохозяйственные услуги и производство удобрений							



Окончание табл. 2
End of the table 2

Вид деятельности	Тул	Врн	Брян	Орл	Бел	Курс	Лип
Табачные изделия							
Текстильное производство							
Транспорт и логистика							
Туризм							
Тяжелое машиностроение							
Фармацевтическая продукция							
Финансовые услуги							
Химические вещества							
Химические продукты							
Целлюлозно-бумажные изделия							
Электрооборудование и осветительные приборы							

Обозначения

	Отрасли национальной значимости
	Отрасли национальной и локальной значимости
	Отрасли локальной значимости

Источник: Составлено на основе [Атлас экономической специализации..., 2021]

Source: Compiled on the basis of the source [Atlas of Economic specialization..., 2021]

Таблица 3
Table 3

Перечень сценариев межрегионального взаимодействия
List of scenarios of interregional interaction

Наименование сценария	Характеристика сценария	Показатель применяемости в %	Свойства
Конкуренция	Значительная роль отводится региональной политике, которая ограничивает возможность монополизации, заставляет экономику гибко реагировать на изменение обстановки, создает возможность выбора ассортимента	36	Доля продукции должна составить на рынке товаров и услуг не более 65 %. (Бывают и исключения: уже при доле в 35 %)
Интеграция	Происходит сближение и объединение предприятий, отраслей, углубление их взаимодействия на основе разделения и комбинации труда	34	Цель – это диверсификация, распределение инвестирования по нескольким направлениям для увеличения прибыли
Свой путь развития	Путь развития, опирающийся на собственные ресурсы: богатые природные ресурсы и условия, незанятая рабочая сила, которая готова вкладывать свои усилия в развитие своего региона	21	Создание условий для развития предпринимательства и инноваций, предоставление доступа к качественной инфраструктуре, доступность образования

Окончание табл. 3
End of the table 3

Наименование сценария	Характеристика сценария	Показатель применяемости в %	Свойства
Смешанное развитие	Нет условий для диверсификации производства в связи со скромными показателями уровня социально-экономического развития	9	Характеризуется большой вероятностью неопределенности при построении РИС, предполагает сбалансированное развитие экономических, социальных, а также экологических подсистем региона

Источник: Составлено на основе источников [Еферин, Куценко, 2021; Еферин, 2021; Kutsenko, Eferin, 2019].

Source: Compiled on the basis of sources [Eferin, Kutsenko, 2021; Eferin, 2021; Kutsenko, Eferin, 2019].

Появление абсолютно новых отраслей зафиксировано в 46 регионах. Это тип регионального развития – «революция». В 22 регионах выбран тип развития – «эволюция» – развитие новых, но связанных со своим портфелем отраслей. Восьми регионам свойственно «смешанное развитие».

Региональные власти разрабатывают Стратегии развития и Планы мероприятий органов местного самоуправления по реализации Стратегии, определяют тенденции, развития и формируют приоритеты развития производства. Однако, при этом в региональных Стратегиях и Планах мероприятий отсутствуют единые требования выбора отраслевых приоритетов, системный и всесторонний анализ, дающий возможность избежать непродуманных решений и тенденций при существующих условиях в данный промежуток времени.

Проектная специализация муниципальных образований Белгородской области представлена в табл. 4.

Появление и развитие новых инновационных отраслей экономики обусловлено состоянием и развитием научных исследований, наличием квалифицированных кадров, современной инфраструктуры, наличием сырьевых ресурсов (табл. 5 и 6).

Учитывая происходящие в этот сложный период применения различных санкций и СВО, в период возникновения и исчезновения, или ускоренного развития отдельных отраслей специализации в регионах России, с учетом принципов и рекомендации «умной специализации». При сравнении региональных отраслевых портфелей, их анализе за разные периоды применялся закономерный подход – отрасль считалась «новой», если она не входит в отраслевой портфель за исследуемый промежуток времени и считалась «исчезнувшей», если не вошла в состав отраслевого портфеля, но при этом была отмечена в нем ранее. В результате можно ввести понятия связи: прочная связь – от 70 до 100 % %, от 40 до 69 % % – умеренная связь, менее 40 % – простая (рис. 2).



Таблица 4

Table 4

Проектная специализация муниципальных образований Белгородской области
Project specialization of municipalities of the Belgorod region

Текущая экономическая специализация	Текущий тип района	Наименование муниципального образования	Дополнительная перспективная экономическая специализация
АПК	Динамично растущий	Белгородский район	Фармацевтика, индустрия питания
		Ракитянский район	Сельское хозяйство
	Устойчиво развивающийся	Алексеевский городской округ	Овощеводство, биотехнологии
		Валуйский городской округ	Переработки в пищевой промышленности
		Грайворонский городской округ	Рыбоводство
		Красногвардейский район	Пищевая промышленность (молоко), строительные материалы
		Новооскольский городской округ	Овощеводство
		Шебекинский городской округ	Пищевая, химическая промышленность (премиксы, корма)
	Развитие ниже среднего	Борисовский район	Пищевая (переработка продукции животноводства)
		Чернянский район	Туристско-рекреационный кластер
Сельское хозяйство	Развитие ниже среднего	Ивнянский район	Пищевая промышленность (переработка), овощеводство, рыбоводство, садоводство
		Краснояржский район	Овощеводство, рыбоводство
		Ровеньский район	Рыбоводство, пищевая промышленность (переработка)
	Удаленные территории	Вейделевский район	Производство строительных материалов (кирпич)
		Красненский район	Пищевая промышленность, добыча щебня
Мясное животноводство	Удаленные территории	Волоконовский район	Пищевая промышленность (переработка)
Садоводство, свиноводство	Динамично растущий	Корочанский район	Рыбоводство, производство строительных материалов (песок, глина)
Комбикормовое, молочное производство	Устойчиво развивающийся	Прохоровский район	Производство тары, упаковки, садоводство и переработка (соки)
Сервисные услуги, обрабатывающая промышленность	Динамично растущий	Городской округ «Город Белгород»	Фармацевтика, ИТ-сектор, биотехнологии, химическая промышленность
Добывающая, обрабатывающая промышленности	Динамично растущий	Старооскольский городской округ	Строительный сектор, машиностроительный инжиниринг
		Губкинский городской округ	Пищевая промышленность, переработка отходов
		Яковлевский городской округ	Пищевая промышленность (переработка вторсырья)

Таблица 5
Table 5

Состояние и развитие научных исследований и технологического производства
Белгородской области
The state and development of scientific research and technological production
of the Belgorod region

Характеристики ВУЗов	БелГУ	БГТУ	БелГАУ
Количество студентов	19188	более 16 тысяч	6281
Преподавателей	2171	1455	409
Преподавателей с ученой степенью	81,74 %	70,43 %	95,38 %
Специальности/Программы	96/102	47/74	26/37
Количество научных школ, направлений технического и естественнонаучного профиля	24	более 40	13
Количество научных центров и лабораторий	65	12	43
Количество патентов/изобретений/программ в 2023 году	84/72/56	232/ /	
Количество проводимых НИОКР			
МИП	20		
Участие в НОЦ	+	+	+
Центр трансфера технологий	+	+	
Научные направления			
Материаловедение	+	+	
Биотехнология	+		+
Медицина (стоматология)	+		
Фармацевтика	+		
Информационные технологии	+	+	+
Программное обеспечение вычислительной техники		+	
Промышленные технологии		+	
Селекция			+
Пищевая промышленность			+

Таблица 6
Table 6

Состояние и развитие производства Белгородской области
The state and development of production in the Belgorod region

Сегмент	Место в РФ, ЦФО	Стратегические направления развития
Сельское хозяйство	3 РФ	Семеноводство; селекционные и генетические технологии; пищевые добавки; функциональное, альтернативное питание; цифровизация производства, компьютерного зрения и БПЛА в сельском хозяйстве; развитие переработки продукции
Производство пищевых продуктов	3 РФ	
Производство скота и птицы на убой	1 РФ	
Свиньи	1 РФ	
Птица	1 РФ	
Производство яиц	3 РФ	
Молочное животноводство	3 ЦФО	
Производство зерна	5 ЦФО	
Производство подсолнечника	3 ЦФО	
Производство комбикормов	1 РФ	
Производство сахара	5 РФ	
Горно-металлургический комплекс		Цифровая трансформация ИТ-продуктов и сервисов; стимулирование диверсификации – выход в новые сегменты
Кол-во железорудных месторождений	14	
Суммарные запасы руды	45 %	

Окончание табл. 6
End of the table 6

Сегмент	Место в РФ, ЦФО	Стратегические направления развития
Биофармацевтический кластер		
Производство медицинских лекарств и изделий	10	Производство медицинских лекарств, изделий и материалов в сфере стоматологии
Индустрия питания – импортозависимость		Импортозамещение в отраслях биотехнологий и биологического инжиниринга
по препаратам в сельском хозяйстве и пищевой промышленности	87 %	
по витаминным добавкам к комбикормам	Более 90 %	
Научная и техническая деятельность		Поддержка МСП и ИТ-компаний
Научные исследования и разработки	14 ЦФО	
Рейтинги научно-технологического развития	17 РФ 3 ЦФО	
Крупные предприятия/МСП	19 %/81 %	
Информация и связь		
Крупные предприятия/МСП	20 %/80 %	
ИТ-отрасль	23 РФ	

Источник: Составлено на основе обобщения источников.
Source: Compiled on the basis of a generalization of sources.

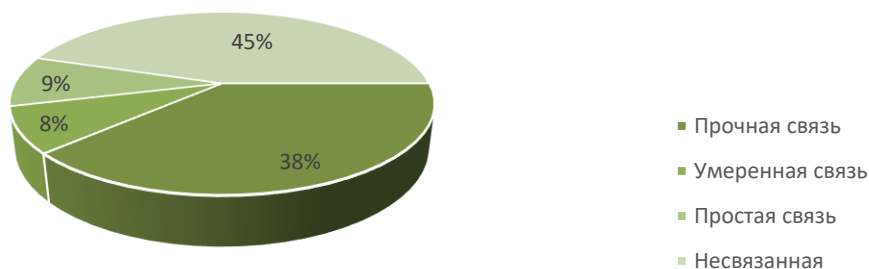


Рис. 2. Связи новых отраслей с текущим отраслевым портфелем
Fig. 2. Links of new industries with the current industry portfolio

Сценарии межрегионального взаимодействия Белгородской области с ее соседями и предложения по предполагаемым «новым» видам деятельности региональной экономики представлены в табл. 7.

Основными отраслями деятельности должны остаться: добыча металлических руд, металлообрабатывающая промышленность, первичные металлические изделия, животноводство, сельское хозяйство, растениеводство, мясная продукция, продукты питания.

Учитывая развитие научного потенциала, в области должны появиться и целенаправленно развиваться наиболее успешные новые виды отраслей: микроэлектроника

и приборостроение, деловые и IT-услуги, деятельность в области связи, производство удобрений, фармацевтическая продукция, обработка отходов.

Таблица 7
Table 7

Сценарии межрегионального взаимодействия Белгородской области с ее соседями
и предложения по предполагаемым «новым» видам деятельности
The scenarios of interregional interaction of the Belgorod region with its neighbors
and proposals for proposed "new" activities

Сценарии / Типы	«Эволюция»	«Революция»	«Смешанное развитие»
«Интеграция»	Курская область ----- Белгородская область - фармацевтическая продукция	Тульская область ----- Белгородская область - химические продукты	Брянская область ----- Белгородская область - продукты питания
«Конкуренция»	Курская область ----- Белгородская область - микроэлектроника и приборостроение	Воронежская область ----- Белгородская область - животноводство, сельское хозяйство, растениеводство	Орловская область ----- Белгородская область - деятельность в области связи
«Смешанное развитие»			Липецкая область ----- Белгородская область - мясная продукция
«Свой путь»	Воронежская область ----- Белгородская область - IT-услуги, производство удобрений	Белгородская область - добыча металлических руд, первичные металлические изделия	Тульская область ----- Белгородская область - обработка отходов

Источник: Составлено автором
Source: Compiled by the author

Заключение

Использование принципов и рекомендаций «умной специализации» должно сгладить разрыв между муниципальными образованиями (городскими округами) с различными отраслевыми портфелями, разнородной специализацией и инновационными потенциалами, разнообразными технологическими возможностями и имеющимися уникальными инновационными ресурсами в каждом регионе или субъекте РФ.

Принципы и рекомендации «умной специализации» – это информационное обеспечение и практические действия с ориентацией на уникальный путь развития, внедрение новых составляющих внутренней индустрии, создание перспективных видов отраслей и специализаций, которые должны опираться на конкурентные преимущества и ресурсы области, объединение совместных усилий власти, инвесторов, бизнеса, научных исследований и активности общественных объединений с учетом экономической политики, проводимой правительством РФ, и особенностями социально-экономической ситуации в регионе.

Ключ к успешному развитию экономики Белгородской области – это активный процесс бесконечного развития, совершенствования институтов и самореализации общества. Это деятельность, направленная на повышение уровня организации административного управления, установление новых правил и принципов жизнедеятельности в соответствии с требованием времени. Это усилия органов власти местного самоуправления и субъектов РФ

в создании условий для привлечения и удержания в регионе лучших представителей технологического бизнеса, передовой науки и креативных индустрий, развития активной предпринимательской деятельности и совершенствования общественной жизни, формирования городской среды и инфраструктуры, приоритетное внимание – волнующим вопросам безопасности и экологии.

Список источников

- Атлас экономической специализации регионов России: под ред. Л.М. Гохберга, Е. С. Куценко. Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики», М.: НИУ ВШЭ, 2021. 264 с.
- Инвестиционный паспорт Шебекинского городского округа Белгородской области. URL: <https://investsheb.ru/investicionnye-pasporta/> (дата обращения: 18.10.2023)
- Индикаторы инновационной деятельности: 2022: статистический сборник / В.В. Власова, Л.М. Гохберг, Г. А. Грачева и др.; Нац. исслед. ун-т И60 «Высшая школа экономики». – М. : НИУ ВШЭ, 2022. - 292 с.
- Стратегия социально-экономического развития Алексеевского городского округа на период до 2025 года (утверждена решением Совета депутатов Алексеевского городского округа № 4 от 24.09.2019). URL: https://adm-alekseevka.gosuslugi.ru/ofitsialno/dokumenty/dokumenty-all-2494_2455.html (дата обращения: 18.10.2023)
- Стратегия социально-экономического развития Белгородской области на период до 2030 года (утверждена Правительством Белгородской области приказ № 371-пп от 11 июля 2023 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/406733192> (дата обращения: 18.10.2023)
- Стратегия социально-экономического развития города Белгорода на период до 2025 года (утверждена решением Белгородского городского совета № 615 от 27.02.2018). URL: <https://docs.cntd.ru/document/428521424> (дата обращения: 18.10.2023)
- Стратегия социально-экономического развития Губкинского городского округа до 2025 года (утверждена решением Совета депутатов Губкинского городского округа № 5нпа от 13 апреля 2018 года). https://gubkinadm.gosuslugi.ru/ofitsialno/dokumenty/dokumenty-all-2494_746.html (дата обращения: 18.10.2023)
- Стратегия социально-экономического развития муниципального района «Город Валуйки и Валуйский район» Белгородской области до 2025 года (утверждена решением муниципального совета города Валуйки и Валуйского района Белгородской области № 636 от 28 февраля 2018 г.) URL: https://valujskij-r31-gosweb.val-adm.ru/ess/strategic_planning/Development_strategy/ (дата обращения: 18.10.2023)
- Стратегия социально-экономического развития муниципального района «Яковлевский район» Белгородской области на период до 2025 года (утверждена решением Совета депутатов Яковлевского городского округа № 1 от 01.02.2007 года). URL: https://yakovgo.gosuslugi.ru/ofitsialno/dokumenty/dokumenty-all-2494_1860.html (дата обращения: 18.10.2023)
- Стратегия социально-экономического развития Старооскольского городского округа на период до 2025 года (утверждена постановлением администрации Старооскольского городского округа Белгородской области № 514 от 20 февраля 2019 г.). URL: https://oskolregion.gosuslugi.ru/ofitsialno/dokumenty/dokumenty-all-2494_5718.html (дата обращения: 18.10.2023)
- Указ Президента РФ от 16.01.2017 г. № 13 «Об утверждении Основ государственной политики регионального развития Российской Федерации на период до 2025 года». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41641> (дата обращения: 18.10.2023)

Список литературы

- Еферин Я.Ю. 2021. Роль стратегий в диверсификации экономики регионов: запланированное развитие против незапланированных результатов. Регионоведение, 29(2): 283–305.
- Еферин Я.Ю., Куценко Е.С. 2021. Адаптация концепции умной специализации для развития регионов России. Вопросы государственного и муниципального управления, 3: 75–110.
- Котов А.В. 2020. Методический подход к определению умной специализации регионов России. Регион: Экономика и Социология, 2(106): 22–45.

- Стрябкова Е.А., Лыщикова Ю.В. 2019. Развитие методических подходов к определению приоритетов «умной специализации» территорий. Экономика: вчера, сегодня, завтра, Т. 9, 12(1): 73–82.
- Суховой А.Ф., Голова И.М. 2020. Дифференциация стратегий инновационного развития регионов как условие повышения эффективности социально-экономической политики в РФ. Экономика региона, 16(4): 1302–1317.
- Balland P.-A., Boschma R. 2021. Complementary interregional linkages and Smart Specialisation: an empirical study on European regions. Regional Studies, 55(6): 1059–1070. DOI: 10.1080/00343404.2020.1861240.
- Balland P.-A., Boschma R. 2021. Mapping the potentials of regions in Europe to contribute to new knowledge production in Industry 4.0 technologies. Regional Studies, 55(3): 1–15. DOI: 10.1080/00343404.2021.1900557.
- Kutsenko E., Eferin Y. 2019. “Whirlpools” and “Safe Harbors” in the Dynamics of Industrial Specialization in Russian Regions. Foresight and STI Governance, 13(3): 24–40. DOI: 10.17323/2500-2597.2019.3.24.40
- Kutsenko E., Islankina E., Kindras A. 2018. Smart by Oneself? An Analysis of Russian Regional Innovation Strategies within the RIS3 Framework. Foresight and STI Governance, 12(1): 25–45. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.1.25.45

References

- Eferin Ya.Yu. 2021. The role of strategies in diversifying the economy of regions: planned development versus unplanned results. Regionology, 29(2): 283–305. (in Russian)
- Eferin Ya.Yu., Kutsenko E.S. 2021. Adaptation of the concept of smart specialization for the development of Russian regions. Issues of State and Municipal Management, 3: 75–110. (in Russian)
- Kotov A.V. 2020. A methodological approach to determining the smart specialization of Russian regions. Region: Economics and Sociology, 2(106):22–45. (in Russian)
- Stryabkova E.A., Lyschikova Yu.V. 2019. The development of methodological approaches to determining the priorities of the “smart specialization” of territories. Economics: Yesterday, Today, Tomorrow, vol. 9, 12(1): 73–82. (in Russian)
- Sukhovoy A.F., Golova I.M. 2020. Differentiation of strategies for innovative development of regions as a condition for increasing the effectiveness of socio-economic policy in the Russian Federation. Economics of the region, 16(4):1302–1317. (in Russian)
- Balland P.-A., Boschma R. 2021. Complementary interregional linkages and Smart Specialisation: an empirical study on European regions. Regional Studies, 55(6): 1059–1070. DOI: 10.1080/00343404.2020.1861240.
- Balland P.-A., Boschma R. 2021. Mapping the potentials of regions in Europe to contribute to new knowledge production in Industry 4.0 technologies. Regional Studies, 55(3): 1–15. DOI: 10.1080/00343404.2021.1900557.
- Kutsenko E., Eferin Y. 2019. “Whirlpools” and “Safe Harbors” in the Dynamics of Industrial Specialization in Russian Regions. Foresight and STI Governance, 13(3): 24–40. DOI: 10.17323/2500-2597.2019.3.24.40
- Kutsenko E., Islankina E., Kindras A. 2018. Smart by Oneself? An Analysis of Russian Regional Innovation Strategies within the RIS3 Framework. Foresight and STI Governance, 12(1): 25–45. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.1.25.45

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 15.11.2023

Поступила после рецензирования 06.12.2023

Принята к публикации 15.12.2023

Received November 15, 2023

Revised December 06, 2023

Accepted December 15, 2023

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Даньков Сергей Олегович, руководитель проекта, АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов», г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Sergey O. Dankov, Project Manager, ANO «Agency for Strategic Initiatives for the Promotion of New Projects», Moscow, Russia

УДК 65.012.3

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-70-82

Теория управления конфликтными противоречиями заинтересованных сторон при трансформации систем управления

Митенков А.В.

Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Россия, 119049, Москва, Ленинский проспект, д. 4, стр. 1

E-mail: amit-77@mail.ru

Аннотация. В последние годы общество переживает глобальные и локальные изменения практически во всех сферах жизнедеятельности. Это касается и менеджмента организации. Так, трансформации системы управления (или бизнес-трансформации) становятся условием успешного функционирования организаций. При этом любые изменения всегда приводят к противоречиям и разногласиям заинтересованных сторон, устранение и преодоление которых служит залогом результативной трансформации системы управления. Исследование состоит из двух частей, что объясняется масштабностью и сложностью самой темы, как с точки зрения теоретических подходов, так и с точки зрения практического опыта реализации на проектах трансформации системы управления. В первой части исследования представлены результаты теоретического обзора проблемы использования фасилитации в контексте устранения противоречий и конфликтов заинтересованных сторон в трансформациях системы управления организациями. Исследование опирается на теорию о движущей силе конфликта, который приводит к развитию и является потенциалом для позитивных изменений. В рамках работы описаны виды и уровни конфликтов. Представленный материал может быть использован как для теоретического ознакомления, так и с целью реализации этапов процесса фасилитации на практике в работе с конкретными организациями при трансформации систем управления.

Ключевые слова: теория и методы принятия решений, теория организации, управление организацией, организационные изменения и организационное развитие, управление конфликтами

Для цитирования: Митенков А.В. 2024. Теория управления конфликтными противоречиями заинтересованных сторон при трансформации систем управления. Экономика. Информатика, 51(1): 70–82. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-70-82

Theory of Management of Conflict Contradictions of Stakeholders in the Transformation of Management Systems

Alexey V. Mitenkov

National University of Science and Technology «MISIS»

4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russia

E-mail: amit-77@mail.ru

Abstract. In recent years, society has been experiencing global and local changes in almost all spheres of life. This also applies to the management of an organization. Thus, transformations of the management system (or business transformations) become a condition for the successful functioning of organizations. At the same time, any changes always lead to contradictions and disagreements among stakeholders, the elimination and overcoming of which is the key to effective transformation of the management system. The study consists of two parts, which is explained by the scale and complexity of the topic itself, both from the point of view of theoretical approaches and from the point of view of practical experience in implementing management system transformation projects. The presented material can be used both for theoretical introduction and for the purpose of implementing the stages of the facilitation process in practice when working with specific organizations during the transformation of management systems. The first part of the

study presents the results of a theoretical review of the problem of using facilitation in the context of eliminating contradictions and conflicts of stakeholders in the transformations of the management system of organizations. The research is based on the theory of the driving force of conflict, which leads to development and is the potential for positive change. The work describes the types and levels of conflicts. The presented material can be used both for theoretical acquaintance and for the purpose of implementing the stages of the facilitation process in practice in working with specific organizations during the transformation of management systems.

Keywords: theory and methods of decision-making, theory of organization, organization management, organizational change and organizational development, conflict management

For citation: Mitenkov A.V. 2024. Theory of Management of Conflict Contradictions of Stakeholders in the Transformation of Management Systems. Economics. Information technologies, 51(1): 70–82. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-70-82

Введение

В настоящее время накоплен значительный опыт анализа процессов управления организацией. Этот опыт аккумулировал в себе содержание различных теорий, начиная от тектологии А. Богданова [Богданов, 2023], общей теории систем, и заканчивая современными подходами, такими как подход системной динамики, теория комплексных адаптивных систем и т. д. В рамках управления организацией большое внимание уделяется регулированию вопросов отношений заинтересованных лиц (или стейкхолдеров), влияющих на эффективность деятельности организации.

В последние годы отмечается ускорение инновационных процессов, активизация модернизаций и изменений, которые затрагивают разные сферы народнохозяйственной деятельности, включая и сферу бизнеса, и направление стратегий устойчивого развития [Елисеева, Савинова, 2022]. В бизнес-структурах изменения активизируются в различных формах, в том числе в форме трансформаций и трансформационных программ, что отмечено в исследованиях В.М. Аньшина [Аньшин, 2016]. Важную роль концепции трансформации системы управления имеют при эволюции экосистем [Tolstykh, Kostuhin, Zhaglovskaya et al., 2020].

Под трансформацией понимается кардинальное превращение или преобразование чего-либо. В деловой среде трансформации обозначаются такими терминами как трансформация организации, бизнес-трансформация, изменения второго порядка, трансформация системы управления, радикальные изменения и т. д. П. Бессон описывает бизнес-трансформации в контексте организационной парадигмы, представляющей собой совокупность определенных концептуальных комплексов и устоявшихся правил, формирующих убеждения, ценности и смыслы организации. По его мнению, трансформация направлена на реконцептуализацию существующей системы, а это требует тщательного управленческого контроля. Ценности компании в контексте трансформации меняются, что является фактором перехода организации на более высокий уровень развития [Besson, 2012].

Обобщая все сказанное выше о трансформации организации, можно констатировать, что этот процесс представлен в виде многоуровневого изменения, которое ведет к переосмыслению всех ключевых ценностных моментов деятельности организации. Затрагивая ценности и смыслы, бизнес-трансформация невозможна без изменения организационной структуры, стратегий и процессов компании, что всегда приводит к возникновению конфликтов.

Целью всего исследования является анализ конфликтной составляющей в организационных изменениях и организационном развитии компании и последующий синтез элементов авторской методологии трансформации системы управления организационных единиц в части концепции и инструмента фасилитации. Объект исследования – организации промышленного сектора народного хозяйства. Предмет исследования – процессы трансформации системы управления организации.

Авторская гипотеза исследования – применение последовательной авторской методики трансформации системы управления и инструментария фасилитации (как ее неотъемлемой части) позволяет увеличить вовлеченность руководителей и работников в достижение общих целей организации и в итоге решить важную народно-хозяйственную проблему – способствовать устойчивому росту производительности труда в организации.

Практическая ценность полного исследования заключается в систематизации авторской методики трансформации и инструмента фасилитации, прошедшего реальную апробацию на отечественных и зарубежных предприятиях (в частности, предприятиях Республики Узбекистан). Представленное исследование является элементом более широкого исследования в области развития концепции и методологии трансформации системы управления промышленными предприятиями, проводимой автором в рамках научно-квалификационной работы на тему «Разработка и реализация концепции и методологии трансформации системы управления промышленными предприятиями в условиях постоянных изменений» [Митенков, Тихонова-Быкодорова, 2023а; Митенков, Тихонова-Быкодорова, 2023б; Митенков, 2023а; Митенков, 2023б].

В настоящей статье представлена первая часть исследования, задача которого состоит в анализе теорий управления конфликтными противоречиями и понимании деструктивной и конструктивной роли конфликта при трансформации системы управления предприятиями.

Методы и материалы

В исследовании использованы научные методы анализа подходов к управлению организацией, персоналом, а также к управлению изменениями в научной области «организации как объект управления». Автором также использован метод синтеза в части авторской концепции управления конфликтов при трансформации систем управления организацией. Для обработки информации использовались компьютерные программы фиксации и вычисления Word и Excel. Для проведения самого исследования автором использован проектный метод – гибкий подход с формированием периодических спринтов задач и их последующее решение. Исследуемые предприятия находятся на территории РФ и в Республике Узбекистан.

Результаты и обсуждение

Конфликты и их сущность

Конфликты – это наиболее острый способ разрешения противоречий, сопровождающих человека во всех сферах жизни, в том числе и в системе отношений внутри организации. Конфликты в том или ином виде существовали всегда и являются неотъемлемым «атрибутом» развития общества и личности [Левашева, 2010]. Несмотря на множество фактов, говорящих о значении конфликта в жизни общества, в философии управления и хозяйствования проблема конфликта как принципа, лежащего в основе человеческого существования, долгое время не рассматривалась. Более того, даже в настоящее время вопрос о том, является ли конфликтность атрибутом (неотъемлемым свойством) исторического развития общества и бизнеса, остается открытым. В истории науки управления рассматривать собственно конфликт в качестве основополагающего фактора, характеризующего человека и даже мир в целом, начинают достаточно поздно. Так, только в период развития немецкой классической философии в XIX веке проблема конфликта стала важным объектом философских знаний и, впоследствии, социологических и экономических учений [Левашева, 2010].

Для определения существующих в настоящее время подходов к определению сущности конфликта в организации обратимся к исследованиям К.В. Решетниковой. Так, по мнению автора, сегодня конфликт рассматривается в двух плоскостях – как патология и «болезнь» организации, и как закономерное и неизбежное явление, которое формирует

эффективный рабочий процесс и выступает источником развития. В рамках настоящего исследования в области теории управления значимость представляет второй подход [Решетникова, 2006].

Конфликт как феномен развития начал рассматриваться немецким философом начала XIX века Г. Гегелем в контексте его диалектической концепции. По его мнению, конфликт является основой развития, так как истинные изменения и трансформации должны осуществляться через противоречия. Соответственно, гегелевская диалектика рассматривала конфликтность как основной принцип существования всего: человечества, личности в целом, различных систем и структур. Вслед за Гегелем эту идею развивал К. Маркс. Он рассматривал конфликт как принцип и условие социального развития [Гегель, 1975].

В науке об организации XX века управление конфликтными противоречиями основывается на понимании сущности диалектики как научного подхода к развитию природы, общества и мышления.

По утверждению Гегеля, «диалектика же есть имманентный переход одного определения в другое, в котором обнаруживается, что эти определения рассудка односторонни и ограничены, то есть содержат отрицание самих себя. Сущность всего конечного состоит в том, что оно само себя снимает. Диалектика есть, следовательно, движущая душа всякого научного развертывания мысли и представляет собой единственный принцип, который вносит в содержание науки имманентную связь и необходимость, в котором вообще заключается подлинное, а не внешнее возвышение над конечным» [Гегель, 1975].

Диалектика является вообще принципом всякого движения, всякой жизни и всякой деятельности в сфере действительности. Поэтому, по Гегелю, диалектическое есть также душа всякого истинно научного познания

Всякая деятельность в сфере действительности (утверждение чего-либо, первоначальное утверждение – тезис) ограничена и содержит отрицание самой себя (сама себя снимает – антитезис, отрицание тезиса). Как отмечает Гегель, «конечное ограничивается не только извне, но и снимается благодаря своей собственной природе и благодаря себе самому переходит в свою противоположность». Поэтому «процесс умозаключения получает следующее определение: он существенно содержит в себе отрицание определенностей, через которые он шествует; он есть, следовательно, опосредствование через снятие опосредствования и смыкание субъекта не с другим, а со снятым другим, с самим собой».

Первоначальное утверждение подразумевает (включает) создание и функционирование предприятия и его системы управления (организации), что в диалектическом научном познании включает тезис; первоначальное функционирование во времени (в развитии) ограничивается не только внешним воздействием, но содержит отрицание самой себя, то есть встречает ограничение в собственной природе по масштабу системы управления и производства (качество переходит в количество), конкурентоспособности выпускаемой продукции. «Отрицание самой себя» означает антитезис в диалектическом развитии предприятия (организации), то есть происходит отрицание тезиса (первоначальное функционирование, выпуск определенного количества продукции с определенным качеством). Антитезис или отрицание тезиса предполагает появление на рынке как конкурентов с продукцией более высокого качества и более низкой ценой, так и ростом потребностей и запросом со стороны потребителя. Возникает конфликт между текущей организацией системы управления и внешним окружением. Этот конфликт необходимо направить в конструктивное русло, решение которого предусматривает второе отрицание, то есть отрицание отрицания – синтез, характеризующийся формированием системы управления организацией более высокого уровня с выпуском продукции более высокого качества, с меньшей себестоимостью, а также новые инновационные продукты для потребителя. Это возможно путем реализации мероприятий по трансформации системы управления организацией.

Положенная Гегелем теория конфликтности как условия развития была развита в дальнейшем Г. Зиммелем в XX веке. Он считал, что противоречие выступает как фактор личностного развития и носит положительный смысл. Конфликты, как отмечает Г. Зиммель, не

должны пугать общество и человека, в частности, так как они помогают сформировать определенную внутреннюю структуру: социальную, личностную и т. д. [Зиммель, 2022].

Преодоление и разрешение конфликтов и противоречий в итоге приводит к самоопределению и сплочению, что подтверждается историческими примерами. Независимо от масштабов и вида конфликта, он по итогу приводит к равновесию и стабильности в обществе, что позволяет рассматривать конфликт как часть системы управления [Тарасов, 2017].

Соответственно, рассматривая конфликт как противоречие, являющееся основой прогресса и изменений, можно констатировать, что конфликт – главный источник энергии, которую в системе управления важно направить и преобразовать в эффективный инструмент поступательного развития (рис. 1). При этом стоит также отметить, что через борьбу противоположностей, законы отрицания и свободную конкуренцию, которые определяют виды и формы конфликтов, происходит процесс выработки решения, поиск компромисса, разработка трансформационных программ и развитие системы управления в организации. В управленческой сфере решение, принятое без возникновения конфликтов, должно считать односторонним и не проработанным.

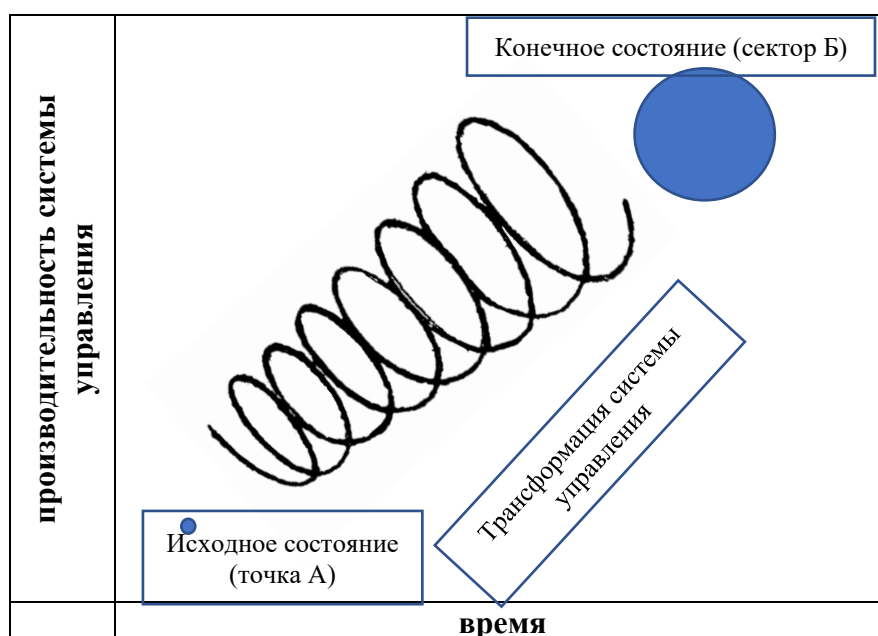


Рис. 1. Процесс трансформации в диалектической спирали развития системы управления организации (составлен автором)

Fig. 1. The process of transformation in the dialectical spiral of the development of the organization's management system (compiled by the author)

Уровни и виды конфликтов в системе управления

Понимание движущей силы конфликта привело к развитию методик повышения эффективности организаций и их систем управления. Так, одним из ведущих специалистов, определивших уровни конфликтов и способы их разрешения в организации в ходе существенных изменений и трансформаций, стал ученый в области организационного развития и менеджмента организации И. Адизес.

Ученым были выявлены уровни и виды конфликтов. При этом конфликты в организации определены как «организационные», что обуславливает возможность управления ими. Предлагаем рассмотреть семь уровней организационных конфликтов в системе управления, выделенных Адизесом и представленных в виде пирамиды сверху вниз по мере нарастания сложностей (рис. 2). Каждый из выделенных конфликтов требует определенного подхода для его преодоления. При этом автором отмечено, что самым

сложным в преодолении является конфликт ценностей, так как в большинстве случаев он не подвергается устранению.

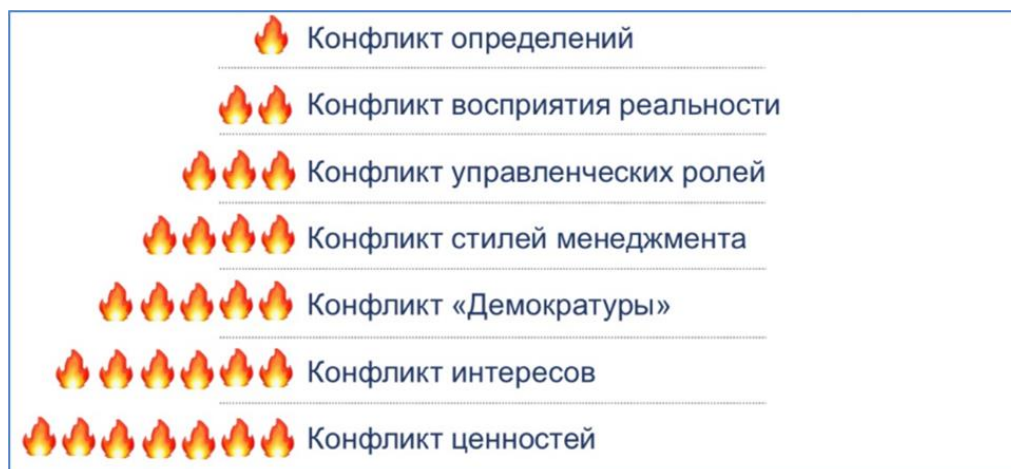


Рис. 2. Пирамида конфликтов по Адизесу* (составлен автором) [Адизес, 2014]

*количество «огоньков» показывает уровень сложности для его устранения

Fig. 2. The pyramid of conflicts according to Adizes* (compiled by the author) [Adizes, 2014]

*the number of "lights" indicates the level of difficulty to eliminate it

Рассмотрим более подробно каждый уровень.

Так, самым простым в разрешении и определении является первый уровень – конфликт определений (или конфликт понятий). Источником такого конфликта выступают ситуации, когда в одни и те же слова и разговоры собеседники или оппоненты вкладывают разный смысл. Для разрешения такого конфликта важно пройти этап детального обсуждения вопросов и конкретизации. Вопросы для разрешения должны звучать так: «Что это значит для тебя?», «Что ты подразумеваешь под этим?» и т. д. Основная цель при разрешении данного конфликта – прийти к «одной реальности» в рамках диалога и донести до оппонента свою точку зрения и видение проблемы [Моисеев, Храпко, 2018].

Второй уровень конфликта регулировать немного сложнее за счет того, что основой его возникновения является «разная реальность» коммуникации собеседников.

Он говорит о существовании трех способов восприятия действительности: первый отражает то, что есть, второй – то, что должно происходить и третье – что вы хотите, чтобы это происходило. На рис. 3 представлены способы восприятия реальности, которые могут накладываться друг на друга «словно олимпийские кольца или диаграмма Венна», и в центре находится «мое», что означает совмещение трех восприятий.

Автор сравнивает восприятие с юношеской любовью. На стадии влюбленности два человека счастливы, потому что у них идет все идеально. Они могут называть друг друга «мой» или «моя» – это центр совмещения трех восприятий, при котором все способы восприятия сходятся, то есть, то, что человек хочет – это одновременно и то, что есть на данный момент, и то, что должно быть. Такого человека называют счастливым. После определенного момента люди лучше узнают друг друга, тогда они приходят к тому, что часть, которая отвечает за то, что должно быть, не соответствует действительности, то есть, не то, что есть; то, чего хочет человек – это не то, что должно быть; а то, что есть на данный момент – это не то, чего хочет человек.

В таком случае встает вопрос, в чем состоит разница между юношеской и зрелой любовью. При зрелой любви человек любит другого не из-за чего-то, а вопреки. В зрелой любви люди трезво оценивают друг друга и воспринимают таким образом, какие они есть на самом деле, не воображая ничего искаженного от реальности. На этом этапе они искореняют свои ожидания и живут с тем, что есть в действительности.

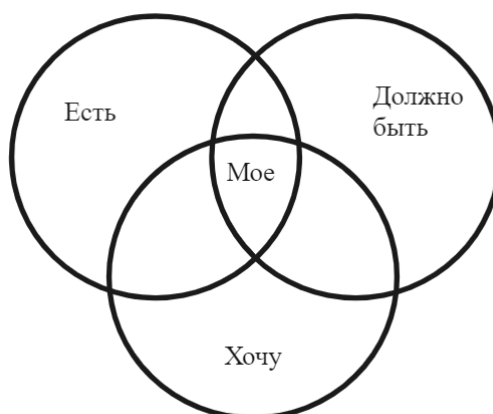


Рис. 3. Способы восприятия реальности по И. Адизесу

Fig. 3. Ways of perceiving reality according to I. Adizes

Источник: составлен автором на основе [Адизес, 2014].

Source: compiled by the author based on [Adizes, 2014].

Люди часто стремятся к тому, чтобы найти этот центр восприятий, это «мое», но даже если они найдут это, момент будет очень короткий, потому что человек подвержен постоянным изменениям. Изменения – это жизнь, желания меняются, как и то, что должно быть, но намного быстрее, а то, что есть в данный момент, имеет непрерывный процесс изменений. Люди стремятся к совершенству, но сама жизнь – это несовершенство. При диагностике проблемы необходимо начинать не с ожидаемых результатов, не с того, чего человек хочет, а с оценки того, что есть сейчас на данный момент, а уже потом нужно будет прийти к тому, чего человек хочет в данной реальности и что нужно сделать, чтобы ее изменить [Адизес, 2014].

В процессе трансформации системы управления при выработке и реализации решений между заинтересованными лицами постоянно возникают рабочие конфликты, один из них – это конфликт восприятия реальности. Порождаемый как разными интересами, так и индивидуальными особенностями (психотипом), такой конфликт может расходовать большое количество времени и эмоциональной энергии.

Для того чтобы избежать конфликта восприятия реальности, необходимо отделять факты от интерпретации, оперировать в дискуссии или разговоре фактами, не прибегая к оценочным суждениям, поскольку одно событие или высказывание одни люди могут воспринимать несколько иначе, чем другие. Например, сотрудник, обращаясь к коллегам, заявил: «Все отчеты потеряны, компьютеры не работают». На данную фразу коллеги могут отреагировать совершенно по-разному, и понимание данной фразы не будет соответствовать реальности. Вместо того, чтобы заявить о проблеме с точки зрения эмоций и чувств, необходимо обозначить проблему конкретно, оперируя фактами, например: «У меня завис компьютер, и я не могу получить доступ к годовым отчетам, а мне они необходимы в течение часа». В условиях конкретизации деталей проблемы не должно возникнуть недопонимания, что позволит не создавать конфликта восприятия реальности.

Так, у каждого собеседника может быть свое восприятие реальности, и для разрешения конфликта второго уровня необходимо действовать методом сбора доказательств и обсуждением фактов для формирования общего поля видения.

Третий вид конфликтов – конфликт управленческих ролей – возникает в том случае, когда формируется противоречие между людьми, выполняющими разные управленческие роли. Основой такого противоречия может быть конкуренция, разный взгляд на особенности выполнения организационных и бизнес-задач и т. д. Для разрешения данного конфликта предлагается грамотно распределить функции и задачи организации

(краткосрочные, направленные на результативность, эффективность и т. д.), определить роли каждой функции и выстроить их работу обособленно при взаимодействии на необходимом уровне. Основная цель разрешения конфликта данного уровня – поиск баланса между долгосрочностью и краткосрочностью, а также между результативностью и эффективностью.

Четвертый, конфликт стилей менеджмента, является следующим по сложности и может возникать вследствие того, что представители разных стилей (синоним психотипов) могут не учитывать особенностей поведения и восприятия информации друг друга, что способствует недопониманию. Вследствие недопонимания между представителями разных стилей возникает конфликт, если они не учитывают особенности восприятия информации и поведения друг друга.

По И. Адизесу стиль менеджмента формирует определенную модель поведения. Для разрешения данного вида конфликта важно понимать, какие стили менеджмента существуют (ранжируются по системе Р (производитель), А (администратор), Е (предприниматель), I (интегратор), и выстраивать взаимодействие с учетом поведенческих особенностей, соответствующих конкретному стилю.

Конфликт демократуры, который является пятым по сложности, может возникать вследствие нарушения последовательности применения стилей руководства на разных этапах реализации процесса управления изменениями, бизнес-процессов и задач. По Адизесу выделяется наиболее гармоничная последовательность, использование которой минимизирует риск возникновения конфликта такого уровня: демократичный стиль руководства при принятии решений и диктатура при реализации уже принятых и одобренных решений.

Следующий уровень конфликтов – это конфликт интересов. Основой для возникновения данного уровня конфликтов является наличие у участников проекта собственных целей и интересов, которые идут вразрез с целями и задачами проекта. Такой конфликт наиболее характерен для представителей разных иерархических групп в компании (например, основной целью топ-менеджера является увеличение прибыли организации, а целью штатного сотрудника – повышение заработной платы). Разрешение данного конфликта довольно сложно и может иметь два направления – достижение компромисса в настоящее время на основе долгосрочной цели и достижение компромисса во временной перспективе. Одним из инструментов, используемых для разрешения конфликтов данного уровня, является, например, групповой коучинг.

Последний по сложности – это конфликт ценностей, который считается крайне сложным для устранения. Фундаментом для развития такого конфликта является расхождение ценностей и требований организации с ценностями сотрудника. Здесь важным представляется для трансформации системы управления организации – специализированная методика трансформации ценностей сотрудников по разработанной автором методике [Митенков, Тихонова-Быкодорова, 2023а]

Помимо уровней сложности конфликтов при трансформации системы управления авторы выделяют виды конфликтов по последствиям: конструктивные и деструктивные, а также функциональные и дисфункциональные. По мнению автора, самыми опасными для организации являются дисфункциональные конфликты, а самыми благоприятными, приводящими к изменениям и развитию, – конструктивные конфликты. В основе конструктивного конфликта лежит обоюдное желание разрешить конфликт интересов, мнений и целей. Соответственно, именно конструктивные функциональные конфликты являются источником развития и разрешаются, переводя свою энергию в диалектическую спираль развития, только при условии общей заинтересованности конфликтующих сторон в результате бизнес-трансформации, а также при помощи инструмента «фасилитации».

Конфликтные противоречия заинтересованных сторон в трансформациях систем управления организацией

Для более точного определения сущности бизнес-трансформаций (или трансформаций системы управления) обратимся к методологии И. Адизеса. На основании его учения автором расширяется понятие «*трансформация*», которое определяется как *процесс создания и запуска устойчивых и значимых (кардинальных) изменений системы управления с целью повышения показателей результативности и эффективности деятельности организации в условиях создания культуры взаимного уважения и доверия*. К таким трансформационным изменениям можно прийти только в результате сдвигов и изменений в образе мышления, поведении и целях сотрудников организации. При этом бизнес-трансформации неуклонно приводят к сопротивлению, и, как следствие, к конфликтам различного вида и формы.

Согласно концепции и методологии авторов статьи, трансформация должна быть направлена, в первую очередь, на достижение определенных амбициозных целей, можно даже сказать сверхцелей. Необходимые для трансформации системы управления изменения происходят за счет достижения полного понимания и согласия всех участников-реализаторов проекта трансформации. Именно совместная работа менеджеров позволяет избегать деструктивных конфликтов и успешно преодолевать конструктивные [Адизес, 2014].

Для определения процессов, которые приводят к конфликтам при трансформации организации, обратимся к рис. 4, составленному на основе работ И. Адизеса [Методология Ицхака Адизеса...].

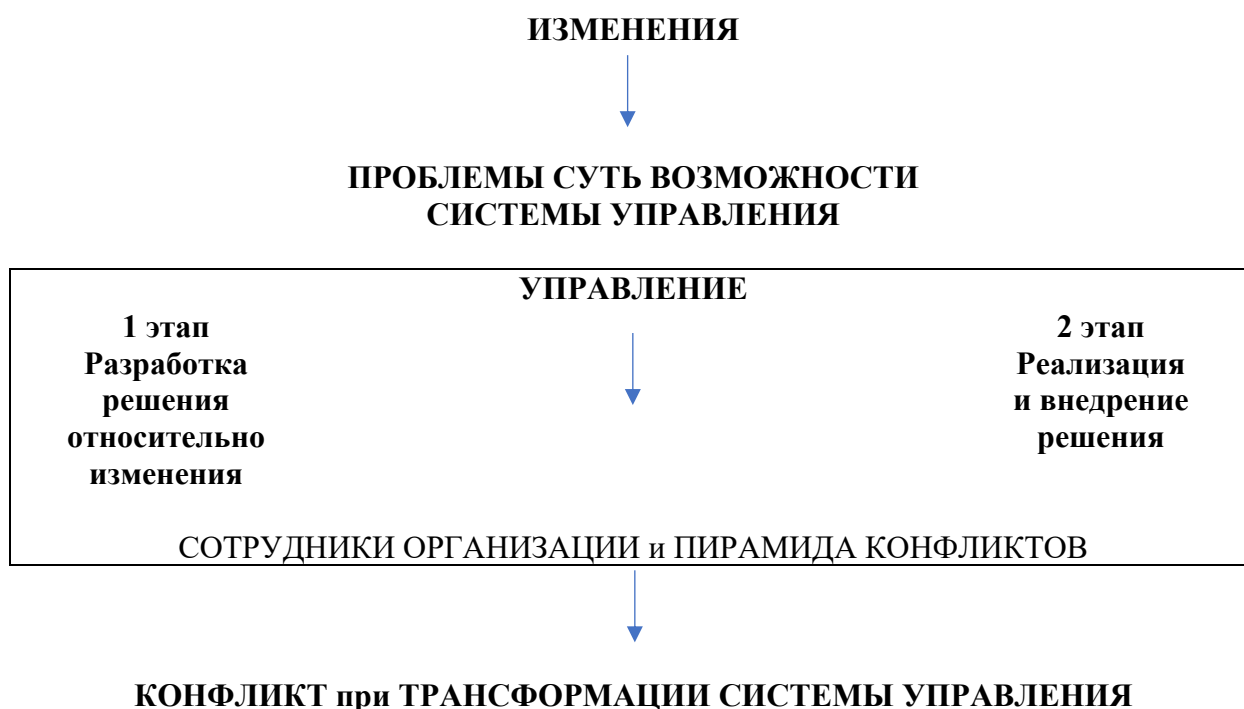


Рис.4. Схема конфликтов (составлен автором на основе учения И. Адизеса)
Fig.4. The scheme of conflicts (compiled by the author on the basis of the teachings of I. Adizes)

Таким образом, конфликт в организации неизбежен, а его основой является столкновение различных понятий, стилей руководства, стилей менеджмента, целей, задач, интересов и ценностей как самих индивидуумов-работников, так и групп интересов в рабочем коллективе.

При этом конфликты диалектически необходимы для эффективного менеджмента: их природа развития закономерна, а методология преодоления постоянно модернизируется и

закрепляется как научное знание. Как отмечает автор, основной задачей управления конфликтами в трансформациях систем управления является использование конструктивной основы конфликта, его преодоление и недопущение деструктивных дисфункциональных конфликтов в организации [Зобова, 2014].

Стиль поведения личностей-сотрудников определяется многими факторами. Так, согласно теории Томаса – Килмена поведение в конфликте определяется мерой удовлетворения собственных интересов; активностью или пассивностью действий, мерой удовлетворения интересов другой стороны, индивидуальными или совместными действиями [Менеджмент, 2001]. На схеме это может быть представлено в виде сетки Томаса – Килмена (рис. 5).

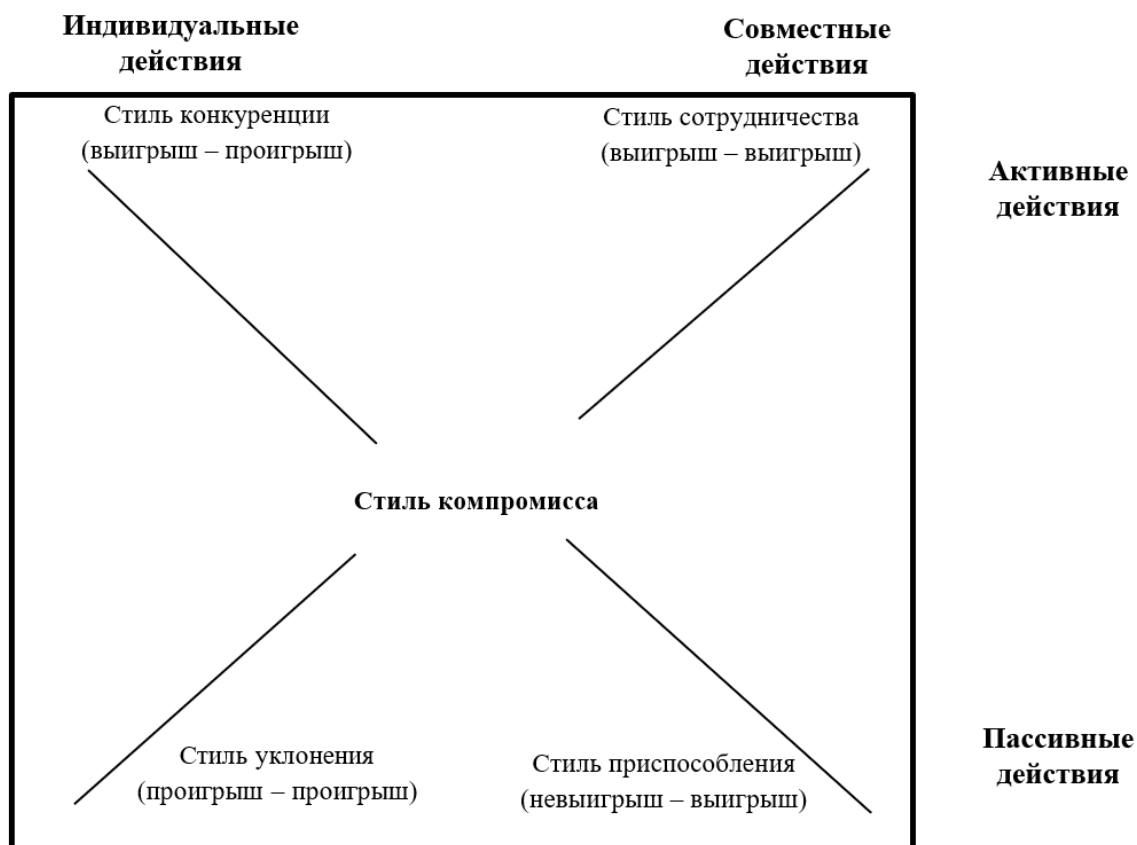


Рис. 5. Сетка Томаса – Килмена стратегий разрешения конфликтов в системе управления
Fig. 5. Thomas-Killman Grid conflict resolution strategies in the management system

Исходя из предложенной модели, выделяют пять способов регулирования конфликтов:

1. Конкуренция (соперничество, соревнование) – разрешение конфликта силой. Как стиль характеризуется большой личной вовлеченностью и заинтересованностью в разрешении конфликта, но без учета позиции другой стороны. Это стиль «выигрыш – проигрыш» в межличностном конфликте. Для его применения необходимо обладать властью или физическими преимуществами, такой стиль может в отдельных случаях помочь в достижении индивидуальных целей, однако в общественном мнении он не пользуется популярностью.

2. Стиль, предполагающий уход из конфликта, связан с отсутствием личной настойчивости и желания кооперироваться с другими участниками для его разрешения. Здесь налицо попытка стоять в стороне от конфликта, не брать на себя ответственность за разрешение конфликта. При таком подходе в конфликте проигрывают обе стороны, такой стиль приводит к неодобрению бездействия со стороны других.

3. Разрешение конфликта через сотрудничество. Как стиль характеризуется высокой степенью личной вовлеченности в него и сильным желанием кооперировать свои усилия с другими для разрешения межличностного конфликта. При таком подходе выигрывают обе стороны, подобные люди считаются динамичными, и у других складывается благоприятное впечатление, они правильно считают, что каждый участник конфликта имеет равные права при его разрешении, где каждый имеет право на существование.

4. Стиль приспособления побуждает войти в положение другой стороны, принесение в жертву собственных интересов ради интереса другой стороны. В основе этого стиля лежит стремление кооперироваться с другими, но без внесения в кооперацию своего сильного интереса. Это стиль наподобие «невыигрыш» – «выигрыш» окружающими оценивается положительно, но как у слабых натур.

5. Стиль компромисса предполагает умеренный учет интересов каждой стороны. Отсюда и необходимость идти на определенные уступки. В целом этот стиль оценивается благоприятно и относится к типу «непроигрыш – непроигрыш». Во многих ситуациях стиль компромисса позволяет достичь быстрого разрешения конфликта, особенно в случаях, когда одна из сторон имеет явное преимущество.

Таким образом, обе стороны выигрывают лишь в ситуации сотрудничества, когда удовлетворяются интересы обеих сторон, однако этот стиль является более трудным, поскольку для совместного принятия решения требуются те же усилия и время для разрешения конфликта. Именно стиль сотрудничества приводит к оптимальному решению вопроса. Знание этих стилей разрешения конфликта позволяет каждому сознательно делать тот или иной выбор, исходя из конкретной ситуации.

Для разрешения конфликтов в организационном развитии используются ряд концепций, методик и инструментов. Зрелость индивидуумов-сотрудников зачастую не позволяет им самостоятельно быстро разрешать конфликты в интересах всей системы. Требуется влияние извне системы управления, определенной целенаправленной незаинтересованной «силой». Важным инструментом в концепции трансформации системы управления автором предлагается использование инструментов фасилитации для медиации или, можно сказать, «перевода», энергии конфликта в энергию развития организации по спирали поступательного роста.

Заключение

Конфликт в процессах трансформации системы управления однозначно сопровождает все организационные преобразования.

Анализ теорий конфликта и управления конфликтными противоречиями при трансформации системы управления организации показал, что конфликты могут быть как деструктивными, так и конструктивными при трансформации системы управления предприятиями.

Конфликт как источник развития системы может существенным образом позитивно преобразить результат управления изменениями организации.

Показано, что задача менеджмента состоит в инструментальном разрешении конфликта путем использования фасилитации для бесконфликтного принятия решения группой, общего группового развития, развития навыков и взаимодействия членов группы.

Результаты представленного исследования могут быть использованы в полевых проектах трансформации систем управления любых организаций.

Вторая часть исследования посвящена рассмотрению этапов, концепции, сущности, методов и техники интегральной фасилитации как нового инструмента разрешения конфликтов при трансформации систем управления предприятием.

Список источников

- Адизес И.К. 2014. Управляя изменениями. Как эффективно управлять изменениями в обществе, бизнесе и личной жизни. М.: Манн, Иванов и Фербер. 356 с.
- Богданов А.А. 2023. Тектология: Всеобщая организационная наука. URSS. 688 с.
- Гегель Г. Энциклопедия философских наук. Т. 1. Наука логики. Электронная библиотека по философии. URL: <http://filosof.historic.ru/books/item/f00/s00/z0000426/st008.shtml> (дата обращения: 18.11.2023)
- Зиммель Г. 2022. Избранное. Философия культуры. Litres. 78 с.
- Менеджмент. 2001. Под ред. Ю.В. Кузнецова. СПб.: Издательский дом «Бизнес-пресса». 432 с.
- Методология Ицхака Адизеса. Как управлять организационными изменениями по модели РАЕI. Bitobe. URL: <https://blog.bitobe.ru/article/metodologiya-itskhaka-adizesa/> (дата обращения: 18.11.2023)

Список литературы

- Аньшин В.М. 2016. Системный подход в управлении трансформационными программами в компании. Управление трансформационными программами развития бизнеса. НИР. Российский журнал управления проектами, 2(54): 3–20.
- Елисеева Е.Н., Савинова Д.К. 2022. Теоретические основы формирования устойчивого развития промышленного предприятия. Экономика и управление в машиностроении, 4: 4–8.
- Зобова А.Г. 2014. О современных тенденциях и методах управления конфликтами на предприятиях. Социально-экономические явления и процессы, 4(62): 46–69.
- Левашева Е.В. 2010. Конфликт как принцип в различных картинах мира: введение в философию конфликта. Вестник Казанского технологического университета, 3: 354–358.
- Митенков А.В. 2023а. Инсайты концепций трансформации служб управления персоналом в BANI-мире. Вестник евразийской науки, 3(15). URL: <https://esj.today/PDF/27ECVN323.pdf>.
- Митенков А.В. 2023б. Концепция, методология и инструменты трансформации целеполагания и мотивации персонала IT-компаний. Экономика. Информатика, 50(3): 569–585. <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2023-50-3-569-585>.
- Митенков А.В., Тихонова-Быкодорова И.В. 2023а. Трансформация ценностей работников промышленного предприятия на основе модели Шинго. Экономика промышленности, 16 (1): 105–117. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-1-105-117>.
- Митенков А.В., Тихонова-Быкодорова И.В. 2023б. Методика трансформации кадрового потенциала научно-исследовательского института машиностроительного предприятия. Организационная психология, 13(2): 139–157.
- Моисеев В.В., Храпко А.А. 2018. Семь ступеней иерархии конфликта. Colloquium-journal, 13-10: 133–134.
- Тарасов А.Н. 2017. Конфликт как механизм динамики культуры в культурфилософии Г. Зиммеля. Проблемы современного образования, 2: 9–13.
- Besson P., Rowe F. 2012. Strategizing information systems-enabled organizational transformation: A transdisciplinary review and new directions. Journal of Strategic Information Systems, 21: 103–124.
- Tolstykh T.O., Kostuhin Y.Y., Zhaglovskaya A.V. [et al.] 2020. Scenarios for the Development of Industrial Complexes in the Digital Economy. Growth Poles of the Global Economy: Emergence, Changes and Future Perspectives. Plekhanov Russian University of Economics. Luxembourg: Springer Nature. 1255–1261. DOI 10.1007/978-3-030-15160-7_128. EDN BDOYMB.

References

- Anshin V.M. 2016. Systematic approach to managing transformation programs in a company / Management of transformation programs for business development. Research. Russian Journal of Project Management, 2(54): 3–20. (in Russian)
- Eliseeva E.N., Savinova D.K. 2022. Theoretical foundations for the formation of sustainable development of an industrial enterprise. Economics and management in mechanical engineering, 4: 4–8. (in Russian)
- Zobova A.G. 2014. On modern trends and methods of conflict management at enterprises // Socio-economic phenomena and processes, 4(62): 46–69. (in Russian)



- Levasheva E.V. 2010. Conflict as a principle in various pictures of the world: an introduction to the philosophy of conflict. *Bulletin of the Kazan Technological University*, 3: 354–358. (in Russian)
- Mitenkov A.V. 2023a. Insights into the concepts of transformation of personnel management services in the BANI world. *Bulletin of Eurasian Science*, 3(15). URL: <https://esj.today/PDF/27ECVN323.pdf>. (in Russian)
- Mitenkov A.V. 2023b. Concept, Methodology and Tools for Transformation Goal-Setting and Motivation of IT-Company Personnel. *Economics. Information Technologies*, 50(3): 569–585. URL: <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2023-50-3-569-585>. (in Russian)
- Mitenkov A.V., Tikhonova-Bykodorova I.V. 2023a. Transformation of values of employees of an industrial enterprise based on the Shingo model. *Economics of industry*, 16(1): 105–117. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-1-105-117>. (in Russian)
- Mitenkov A.V., Tikhonova-Bykodorova I.V. 2023b. Methodology for transforming the personnel potential of the research institute of a mechanical engineering enterprise. *Organizational psychology*, 13(2): 139–157. (in Russian)
- Moiseev V.V., Khrapko A.A. 2018. Seven stages of the conflict hierarchy. *Colloquium-journal*, 13-10: 133–134. (in Russian)
- Tarasov A.N. 2017. Conflict as a mechanism of cultural dynamics in the cultural philosophy of G. Simmel. *Problems of modern education*, 2: 9–13. (in Russian)
- Besson P., Rowe F. 2012. Strategizing information systems-enabled organizational transformation: A transdisciplinary review and new directions. *Journal of Strategic Information Systems*, 21: 103–124.
- Tolstykh T.O., Kostuhin Y.Y., Zhaglovskaya A.V. [et al.] 2020. Scenarios for the Development of Industrial Complexes in the Digital Economy. *Growth Poles of the Global Economy: Emergence, Changes and Future Perspectives*. Plekhanov Russian University of Economics. Luxembourg: Springer Nature:1255–1261. DOI 10.1007/978-3-030-15160-7_128. EDN BDOYMB.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 16.11.2023

Поступила после рецензирования 12.12.2023

Принята к публикации 15.12.2023

Received November 16, 2023

Revised December 12, 2023

Accepted December 15, 2023

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Митенков Алексей Владимирович, кандидат философских наук, директор Института экономики и управления промышленными предприятиями, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Alexey V. Mitenkov, PhD in Philosophy, Director of the Institute of Industrial Economics, National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, Russia

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

УДК 339.138

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-83-92

Рынок образовательных продуктов и услуг высшей школы Российской Федерации: маркетинговая характеристика и тренды 2018–2024 гг.

Кучерявенко С.А.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: kucheryavenko_s@bsu.edu.ru

Аннотация. Актуальность вопросов состояния образовательного рынка связана с трансформацией национальной системы высшего образования, жесткой конкуренцией университетов на региональном, национальном и внешнем образовательном рынке, а также с кардинальными изменениями в деятельности высшей школы, причинами которой послужила масштабная цифровизация всех процессов системы менеджмента университета и стремительное развитие дистанционных образовательных технологий. Целью данной работы является исследование современного рынка образовательных продуктов и услуг высшей школы Российской Федерации. Информационно-аналитической базой исследования выступила поисковая система eLibrary.Ru и официальные статистические источники информации по проблеме исследования. В статье представлены маркетинговые характеристики и тренды 2018–2024 гг., результаты анализа состояния, основных тенденций и приоритетных направлений дальнейшего развития образовательного рынка продуктов и услуг высшей школы Российской Федерации; обоснована необходимость формирования эффективной маркетинговой стратегии и внедрения процедур маркетингового контроля в образовательных организациях высшей школы для обеспечения конкурентоспособности. Полученные результаты могут быть интересны в рамках разработки и корректировки маркетинговой стратегии или политики в области маркетинга образовательной организации высшей школы.

Ключевые слова: образовательный рынок, рынок образовательных услуг, маркетинг, маркетинговая деятельность, цифровой маркетинг, маркетинговая стратегия, образовательная организация высшей школы, образовательная организация высшего образования, вуз, университет

Для цитирования: Кучерявенко С.А. 2024. Рынок образовательных продуктов и услуг высшей школы Российской Федерации: маркетинговая характеристика и тренды 2018–2024 гг. Экономика. Информатика, 51(1): 83–92. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-83-92

Market of Educational Products and Services of Higher Education in the Russian Federation: Marketing Characteristics and Trends 2018–2024

Svetlana A. Kucheryavenko

Belgorod State National Research University

85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: kucheryavenko_s@bsu.edu.ru

Abstract. The relevance of the issues of the educational market state is associated with the transformation of the national higher education system, the fierce competition of universities in the regional, national and external educational markets, as well as with fundamental changes in the activities of higher education,

caused by the large-scale digitalization of all processes of the university management system and the rapid development of distance education technologies. The purpose of this work is to study the modern market of educational products and services of higher education in the Russian Federation. The information and analytical base for the study was the eLibrary.Ru search system and official statistical sources of information on the research problem. The article presents marketing characteristics and trends for 2018–2024, the results of an analysis of the state, main trends and priority directions for the further development of the educational market for higher education products and services in the Russian Federation; the need to form an effective marketing strategy and introduce marketing control procedures in educational institutions of higher education to ensure competitiveness is substantiated. The obtained results may be of interest in the development and adjustment of marketing strategy or policy in the field of marketing of educational organization of higher education.

Keywords: educational market, market for educational services, marketing, marketing activities, digital marketing, marketing strategy, educational organization of higher education, educational organization of higher education, institution of higher learning, university

For citation: Kucheryavenko S.A. 2024. Market of Educational Products and Services of Higher Education in the Russian Federation: Marketing Characteristics and Trends 2018–2024. Economics. Information technologies, 51(1): 83–92. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-83-92

Введение

Состояние рынка продуктов и услуг высшей школы оценивается сегодня как беспрецедентная революция навыков в будущем образовании. В основу трансформации национальной системы высшего образования положена концепция «навыки прежде всего». Конкурентные условия на образовательном рынке и рынке труда все больше ориентируют университеты на расширение возможностей формирования практических навыков в рамках реализации образовательных программ, а также обеспечение непрерывного образования на протяжении всей жизни через регулярное повышение квалификации [Романович, 2021; Пласкова, 2022; Бондаренко, 2023]. Стоит отметить, что значимыми событиями, влияющими на трансформацию и развитие образовательного рынка высшей школы, стал запуск в 2023 году проекта по изменению уровней профессионального образования на основании Указа Президента РФ «О некоторых вопросах совершенствования системы высшего образования» от 12.05.2023 № 343. Так, в своем докладе Валерий Фальков обратил внимание на то, что в 2023/2024 и 2024/2025 учебных годах продолжится повсеместный переход на новую систему высшего образования с выделением двух уровней высшего образования: базового (от 4 до 6 лет) и специализированного высшего образования (от 1 до 3 лет). По словам министра, правила приема в магистратуру будут ужесточены и такое право будет не у всех университетов. Помимо этого, в высшей школе активно внедряются дистанционные образовательные технологии, реализуются новые образовательные продукты (микроквалификация и пр.), кардинальные изменения происходят в рамках масштабной цифровизации всех процессов деятельности университета [Егорова, 2022; Бондаренко, 2023]. Основными трендами в образовании становятся практико-ориентированное обучение, использование искусственного интеллекта, применение технологии метавселенной и пр.

Все это порождает жесткую конкуренцию между университетами на образовательном рынке и влечет развитие многочисленных рейтингов, а также требует формирования эффективной маркетинговой стратегии. Одной из процедур маркетингового контроля конкурентоспособности реализуемых образовательных программ на национальном уровне можно назвать стартовавший в 2023 году аккредитационный мониторинг, который проведен в 43 700 образовательных организаций всех уровней.

В связи с этим особый интерес вызывают вопросы, связанные с состоянием, основными тенденциями и приоритетными направлениями дальнейшего развития образовательного рынка и разработкой на основе полученной информации маркетинговой стратегии развития образовательных организаций высшей школы.

Объекты и методы исследования

Исследование предполагаемых гипотез проводилось на основе методов маркетингового анализа образовательного рынка, ретроспективного контент-анализа научных статей по проблеме исследования, методов статистики и социологических методов. Информационной базой исследования для проведения контент-анализа выступила поисковая система eLibrary.Ru.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время высшая школа является ведущим общественным институтом, воспроизводящим интеллектуальный потенциал страны. Развитие рынка образовательных продуктов и услуг высшей школы – одна из ключевых задач Российской Федерации в реализации международной политики. Реализация образовательных программ на образовательном рынке имеет ряд существенных особенностей и маркетинговых характеристик, обусловленных спецификой рынка (рис. 1).

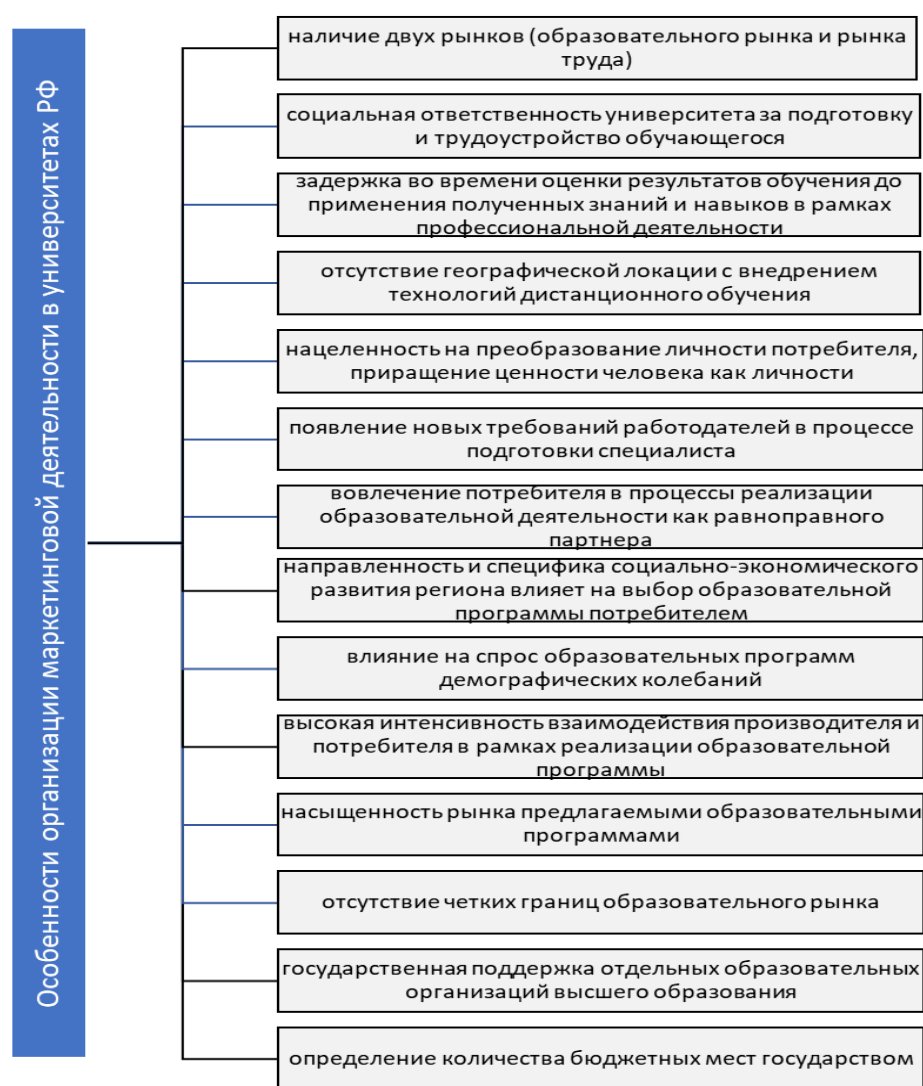


Рис. 1. Особенности и маркетинговые характеристики рынка образовательных продуктов и услуг высшей школы Российской Федерации

Fig. 1. Features and marketing characteristics of the market for educational products and services of higher education in the Russian Federation

Приоритетной особенностью образовательного рынка является отсутствие четких границ рынка и наличие большого количества субъектов рыночных отношений. Все большее количество

абитуриентов отдают предпочтение престижным университетам, важными составляющими которых являются наличие бюджетных мест на интересующую образовательную программу и ее востребованность на рынке труда, а также рейтинг и бренд университета.

На начало 2023 года национальный рынок высшего образования был представлен 722 образовательными организациями, что значительно ниже, чем в 2000 и 2010 гг. (рис.2).

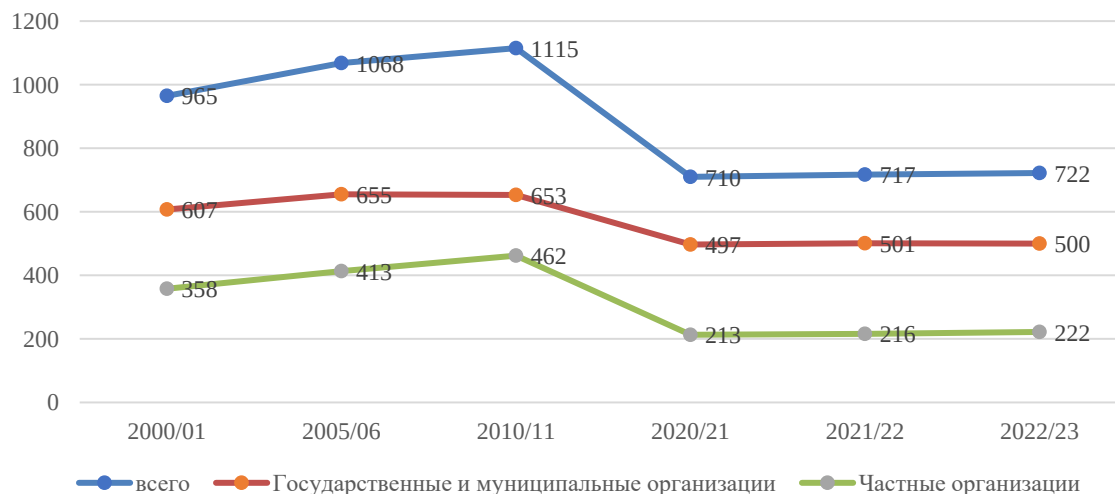


Рис. 2. Динамика количества организаций, осуществляющих образовательную деятельность по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры на национальном образовательном рынке высшего образования за 2000–2023 гг. (на начало года)
 (составлен по основе данных [Образование в цифрах, 2023])

Fig. 2. Dynamics of the number of organizations carrying out educational activities in bachelor's, specialist's, and master's programs in the national educational market of higher education for 2000–2023.
 (for the beginning of the year)
 (compiled based on data from [Education in Figures, 2023])

Анализ статистических данных позволяет сделать вывод о снижении количества государственных, муниципальных и частных образовательных организаций в целом по состоянию на начало 2023 года, а также идентифицировать существенный рост доли государственных и муниципальных организаций в общем объеме по отношению к частным организациям. Значительное снижение обусловлено трансформацией высшего образования, сокращением неэффективных университетов, реализацией политики, направленной на повышение конкурентоспособности национальной системы высшего образования, в рамках которой наблюдалось объединение университетов, выделение федеральных, научно-исследовательских и опорных вузов.

По динамике и структуре контингента обучающихся по программам высшего образования, прием на обучение и выпуск бакалавров, специалистов, магистров по источникам финансирования также наблюдается отрицательная тенденция (таблица 1). Так, за период с 2000 года по 2021 год наблюдается снижение контингента по программам высшего образования на 611,4 тыс. чел. С 2005 года в общем контингенте студентов преобладает доля обучающихся по договорам об оказании платных образовательных услуг (51,4 % – в 2021 году). Рассматривая структуру численности приема обучающихся за период 2000–2021 гг., принятых по программам бакалавриата, магистратуры и специалитета, можно увидеть, что прием незначительно сократился и составил в 2021 году 1 201,5 тыс. человек, из них 49 % поступивших в государственные и муниципальные организации за счет бюджетных ассигнований; 50,7 % – по договорам об оказании платных образовательных услуг, в том числе 10,7 % поступивших в частные организации. Отдельно стоит отметить динамику по выпуску бакалавров, специалистов, магистров на начало 2021 года – наблюдается незначительный прирост (3 тыс. чел.) по сравнению с 2020 годом. В структуре выпуска бакалавров, специалистов, магистров 46,6 % – обучающихся за счет бюджетных ассигнований и 53,4 % –

по договорам об оказании платных образовательных услуг, при этом 42,6 % обучались в государственных и муниципальных образовательных организациях.

Таблица 1
Table 1

Динамика и структура контингента обучающихся по программам высшего образования
(составлена по основе данных [Образование в цифрах, 2023])
Dynamics and structure of the student population in higher education programs
(compiled based on data from [Education in Figures, 2023])

Численность студентов, на начало учебного года (тыс. чел.)	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Всего (тыс. чел.):	4741,4	7064,6	7049,8	4049,3	4044,2	4130,0
в том числе обучающихся:						
за счет бюджетных ассигнований	59,1 %	42,5 %	37,2 %	47,0 %	47,8 %	48,6 %
в государственных и муниципальных организациях	59,1 %	42,5 %	37,2 %	46,8 %	47,6 %	48,4 %
в частных организациях	...	...	...	0,2 %	0,2 %	0,2 %
по договорам об оказании платных образовательных услуг	40,9 %	57,5 %	62,8 %	53,0 %	52,2 %	51,4 %
в государственных и муниципальных организациях	31,0 %	42,2 %	45,8 %	44,9 %	43,6 %	42,3 %
в частных организациях	9,9 %	15,3 %	17,0 %	8,1 %	8,6 %	9,1 %
Прием студентов (тыс. чел.)	1292,5	1640,5	1399,5	1093,3	1129,1	1201,5
в том числе на обучение:						
за счет бюджетных ассигнований	45,4 %	37,4 %	37,1 %	47,7 %	49,1 %	49,3 %
в государственные и муниципальные организации	45,4 %	37,4 %	37,1 %	47,4 %	48,8 %	49,0 %
в частные организации	...	...	...	0,3 %	0,3 %	0,3 %
по договорам об оказании платных образовательных услуг	54,6 %	62,6 %	62,9 %	52,3 %	50,9 %	50,7 %
в государственные и муниципальные организации	42,8 %	46,3 %	48,3 %	42,5 %	40,6 %	40,0 %
в частные организации	11,8 %	16,3 %	14,6 %	9,8 %	10,3 %	10,7 %
Выпуск бакалавров, специалистов, магистров (тыс. чел.)	635,1	1151,7	1467,9	849,4	813,3	816,3
в том числе обучавшихся:						
за счет бюджетных ассигнований	71,1 %	44,9 %	37,2 %	47,8 %	48,4 %	46,6 %
в государственных и муниципальных организациях	71,1 %	44,9 %	37,2 %	47,6 %	48,2 %	46,4 %
в частных организациях	...	...	...	0,2 %	0,2 %	0,2 %
по договорам об оказании платных образовательных услуг	28,9 %	55,1 %	62,8 %	52,2 %	51,6 %	53,4 %
в государственных и муниципальных организациях	20,0 %	40,0 %	43,0 %	42,7 %	42,2 %	42,6 %
в частных организациях	8,9 %	15,1 %	19,8 %	9,5 %	9,4 %	10,8 %

Исходя из этого, приведенные в таблице данные позволяют проанализировать динамику и структуру спроса, структуру приема и выпуска обучающихся в целом по Российской Федерации за период 2000–2023 гг. Результаты анализа обеспечивают оценку изменений поведения и траектории движения их предпочтений.

Особое внимание следует уделить конкурентоспособности реализуемых образовательных программ, которая служит основой продвижения образовательной организации высшего образования на образовательном рынке и рынке труда (рис.3).

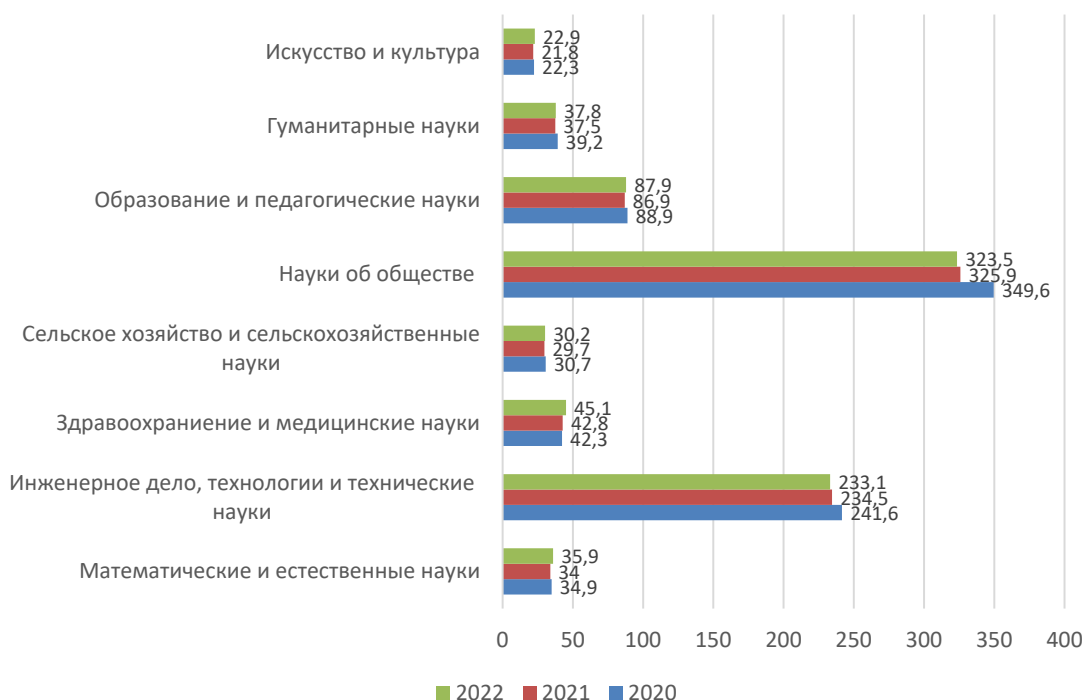


Рис. 3. Динамика структуры выпуска бакалавров, специалистов, магистров в разрезе областей образования за 2020–2022 гг. (в тыс. чел.)
 (составлен по основе данных [Образование в цифрах, 2023])

Fig. 3. Dynamics of the structure of graduation of bachelors, specialists, masters by area of education for 2020–2022. (in thousand people)
 (compiled based on data from [Education in Figures, 2023])

Так, анализ динамики структуры выпуска бакалавров, специалистов, магистров в разрезе областей образования позволяет сделать вывод о востребованности обучающимися направлений и специальностей двух областей образования: науки об обществе и инженерное дело, технологии и технические науки. Показатель численности выпускников по направлениям и специальностям области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки» в 2022 году составил 233,1 тыс. человек, по укрупнённой группе специальностей и направлений подготовки 38.00.00 Экономика и управление составил 159,9 тыс. человек, а по 40.00.00 Юриспруденция – 89,2 тыс. человек. По направлениям «Экономика», «Менеджмент», «Юриспруденция» наблюдается избыточное предложение на рынке труда, при этом данные направления у абитуриентов остаются востребованными. Однако приоритетные направления остаются незакрытыми («Здравоохранение и медицинские науки», «Информационная безопасность», «Инженерное дело» и пр.), что порождает высокий спрос на рынке труда данных специалистов.

События последних лет, преимущественно связанные с пандемией коронавируса, привели к масштабному развитию рынка образовательных продуктов и услуг в Российской Федерации. Риски и угрозы снижения качества образования породили возможность тотальной цифровизации образовательного процесса. Цифровая трансформация всех процессов деятельности университета рассматривается как основная маркетинговая

стратегия развития образовательных организаций высшей школы и требует проработки вопросов реализации качественного образования.

Основными трендами в образовании стали развитие и интеграция образовательных технологий, мультимодальная педагогика, обучение через вызов и пр. (рис. 4).



Рис. 4. Тренды высшего образования 2024
Fig. 4. Higher education trends 2024

Внедрение междисциплинарного подхода в обучении позволяет изучать предмет с разных сторон, автоматизация образовательного процесса отчасти облегчает труд преподавателя высшей школы, а также меняет его роль. Если раньше он был носителем знаний, сегодня он наставник, который создает и курирует образовательный процесс, вовлекая в обучение и поддерживая мотивацию обучающихся.

Основываясь на проведенном обзоре, можно отметить, что новые подходы и тренды в образовании позволяют усилить командную работу над реализацией научно-исследовательских или прикладных проектов и иметь возможность постоянно оценивать результат обучения. Подчеркнем, что использование технологий виртуальной и дополненной реальности позволяет по-новому посмотреть на образовательный процесс, расширить границы восприятия, сделать обучение увлекательным, размыв границы теории и практики. Характеристиками обучения в университете становятся открытость, доступность, интерактивность, междисциплинарность, активная проектная работа, непрерывность обучения на протяжении всей жизни.

Прогноз кадровой потребности отраслей экономики Российской Федерации позволяет сделать вывод о развитии прорывных решений в области искусственного интеллекта. Поэтому рассмотренные тренды в образовании могут оказать существенное влияние на конъюнктуру образовательного рынка, а именно на устойчивость и пропорциональность развития, присутствие структурных деформаций.

Заключение

В целом анализ результатов конъюнктуры рынка образовательных товаров и услуг Российской Федерации позволяет выявить действующие тенденции его несбалансированного развития и структурной деформации. Объем российского рынка онлайн-образования значительно увеличился, его рост в 2023 году составил 38 %. Двигателем значительного роста является сегмент обучающиеся-взрослые в онлайн-формате. Результаты, полученные на основе проведенного контент-анализа научных статей по проблеме исследования, позволяют сделать вывод о том, что высшее образование должно стать более персонализированным и адаптивным, а развитие искусственного интеллекта должно быть ориентировано на формирование индивидуальной траектории обучения, позволяющей удовлетворить требования и ожидания потребителей разных целевых аудиторий.

Основываясь на результатах проведенного анализа образовательного рынка, отметим, что основным фактором конкурентоспособности университета является эффективная маркетинговая стратегия, разработанная на основе полученных результатов анализа образовательного рынка.

Список источников

- Атлас новых профессий – URL: https://atlas100.ru/upload/pdf_files/atlas.pdf (дата обращения: 18.01.2024)
- Грамотность населения – URL: https://countrymeters.info/ru/Russian_Federation#literacy (дата обращения: 18.01.2024)
- Исследование российского рынка онлайн-образования и образовательных технологий: Edumarket, 2017–2021 – URL: https://www.dropbox.com/s/s6ug8en7faoooaw/edumarket_RUS.pdf?dl=0 (дата обращения: 18.01.2024)
- О запуске пилотного проекта по изменению уровней профессионального образования – URL: https://www.minobrnauki.gov.ru/press-center/news/novosti-ministerstva/67889/?sphrase_id=8048171 (дата обращения: 18.01.2024)
- Образование в цифрах: 2023: краткий статистический сборник / Т.А. Варламова, Л.М. Гохберг, О.К. Озерова и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – URL: <https://www.hse.ru/primarydata/ovz2023> (дата обращения: 18.01.2024)

РБК Тренды, по данным Smart Ranking: 2019–2022 – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/education> (дата обращения: 18.01.2024)

Список литературы

- Авдонькина В.В. 2018. Анализ и оценка состояния регионального рынка образовательных услуг. Вестник Нижегородского института управления, 2(48): 35–39.
- Бавыкина Е.Н., Фомина С.А., Корецкая Т.В. 2021. Маркетинговые исследования на рынке образовательных услуг как основа стратегии устойчивого развития вуза. Экономика устойчивого развития, 3(47): 20–24.
- Бондаренко Ю.Н. 2023. Современные тенденции развития цифровой трансформации образования. Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление, 2: 99–104.
- Егорова Д.А., Шпильман Н.И. 2022. Цифровая трансформация российского бизнеса с использованием искусственного интеллекта в образовательной сфере. Экономика, предпринимательство и право, 12: 3283–3298.
- Жукова Е.Е., Козырев М.С., Ильина И.Ю., Мельничук Ю.А. 2020. Анализ целевой аудитории рынка образовательных услуг на примере московских вузов. Перспективы науки и образования, 2(44): 430–442.
- Мигранова Л.И. 2021. Анализ состояния и перспектив развития рынка образовательных услуг региона. Управленческий учет, 12–3: 735–744.
- Пласкова Н.С., Прокофьева Е.В. 2022. Развитие рынка образовательных услуг вузов. Наука, инновации, образование: актуальные вопросы и современные аспекты: монография. – Пенза: Наука и Просвещение: 5–15.
- Порядина О.В. 2016. Анализ современных институциональных преобразований рынка образовательных услуг в сфере высшего образования в РФ. Инновационное развитие Российской экономики: IX Международная научно-практическая конференция, Москва, 25–28 октября 2016 года / Министерство образования и науки Российской Федерации; Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова; Российский гуманитарный научный фонд. Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова: 78–82.
- Романович М.А., Мохсени Х., Романович Л.Г., Кузнецова И.А. 2021. Актуальные вопросы и анализ рынка образовательных услуг в постпандемийный период, Экономика. Информатика, 48 (4): 717–725
- Суетин А.Н., Шурус А.А. 2020. Повышение конкурентоспособности вуза: глобальные тенденции и современное состояние мирового рынка образовательных услуг. Фундаментальные исследования, 6: 143–149.
- Тарасова Е.Е., Теплова Л.В., Ефимова Н.А. 2019. К вопросу о разработке, реализации и оценке маркетинговой стратегии вуза для обеспечения конкурентоспособности. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права, 2(75): 298–312.

References

- Avdon'kina V.V. 2018. Analiz i ocenka sostoyaniya regional'nogo rynka obrazovatel'nyh uslug [Analysis and Assessment of the State of the Regional Educational Services Market]. Vestnik Nizhegorodskogo instituta upravleniya, 2(48): 35–39.
- Bavykina E.N., Fomina S.A., Koreckaya T.V. 2021. Marketingovye issledovaniya na rynke obrazovatel'nyh uslug kak osnova strategii ustojchivogo razvitiya vuza [Marketing Research in the Educational Services Market as the Basis of the University's Sustainable Development Strategy]. Ekonomika ustojchivogo razvitiya, 3(47): 20–24.
- Bondarenko YU.N. 2023. Sovremennye tendencii razvitiya cifrovoj transformacii obrazovaniya [Current Trends in the Development of Digital Transformation of Education]. Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya: Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie, 2: 99–104.
- Egorova D.A., N. I. V. SHpil'man. 2022. Cifrovaya transformaciya rossijskogo biznesa s ispol'zovaniem iskusstvennogo intellekta v obrazovatel'noj sfere [Digital Transformation of Russian Business Using Artificial Intelligence in the Educational Field]. Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo, 12: 3283–3298.

- ZHukova E.E., Kozyrev M.S., Il'ina I.YU., Mel'nichuk YU.A. 2020. Analiz celevoj auditorii rynka obrazovatel'nyh uslug na primere moskovskih vuzov [Analysis of the Target Audience of the Educational Services Market on the Example of Moscow Universities]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya*, 2(44): 430–442.
- Migranova L.I. 2021. Analiz sostoyaniya i perspektiv razvitiya rynka obrazovatel'nyh uslug regiona [Analysis of the State and Prospects of Development of the Educational Services Market in the Region]. *Upravlencheskiy uchet*, 12–3: 735–744.
- Plaskova N.S., Prokof'eva E.V. 2022. Razvitie rynka obrazovatel'nyh uslug vuzov [Development of the Market of Higher Education Institutions Educational Services] // *Nauka, innovacii, obrazovanie: aktual'nye voprosy i sovremennye aspekty: monografiya*. – Penza: Nauka i Prosveshchenie: 5–15.
- Poryadina O.V. 2016. Analiz sovremennyh institucional'nyh preobrazovaniy rynka obrazovatel'nyh uslug v sfere vysshego obrazovaniya v RF [Analysis of Modern Institutional Transformations of the Educational Services Market in the Field of Higher Education in the Russian Federation]. *Innovacionnoe razvitie Rossijskoj ekonomiki: IX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, Moskva, 25–28 oktyabrya 2016 goda / Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii; Rossijskij ekonomicheskij universitet imeni G.V. Plekhanova; Rossijskij gumanitarnyj nauchnyj fond. Moskva: Rossijskij ekonomicheskij universitet imeni G.V. Plekhanova: 78–82.*
- Romanovich M.A., Mohseni H., Romanovich L.G., Kuznecova I.A. 2021. Aktual'nye voprosy i analiz rynka obrazovatel'nyh uslug v postpandemijnyj period [Current Issues and Analysis of the Educational Services Market in the Post-Pandemic Period]. *Ekonomika. Informatika*, 48 (4): 717–725.
- Suetin A.N., SHulus A.A. 2020. Povyshenie konkurentosposobnosti vuza: global'nye tendencii i sovremennoe sostoyanie mirovogo rynka obrazovatel'nyh uslug [Improving the Competitiveness of the University: Global Trends and the Current State of the Global Educational Services Market]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 6: 143–149.
- Tarasova E.E., Teplova L.V., Efimova N.A. 2019. K voprosu o razrabotke, realizacii i ocenke marketingovoj strategii vuza dlya obespecheniya konkurentosposobnosti [On the Issue of Developing, Implementing and Evaluating the University's Marketing Strategy to Ensure Competitiveness]. *Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, ekonomiki i prava*, 2(75): 298–312.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 29.01.2024

Received January 29, 2024

Поступила после рецензирования 12.02.2024

Revised February 12, 2024

Принята к публикации 19.02.2024

Accepted February 19, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент, директор Центра менеджмента качества, доцент кафедры управления и экономики фармации, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Svetlana A. Kucheryavenko, PhD in Economics, Associate Professor; Director of the Center for Quality Management, Associate Professor of the Department of Management and Economics of Pharmacy, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

УДК 339.56.055

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-93-106

Развитие внешнеторгового потенциала России как фактор обеспечения экономической безопасности государства

Селюков М.В., Шалыгина Н.П.

Северо-Западный институт управления – филиал РАНХиГС
Россия, 199178, Санкт-Петербург, Средний пр. В.О., д. 57/43
E-mail: Selyukov-mv@ranepa.ru, shalyginanp@mail.ru

Аннотация. Для любого современного государства вопросы, связанные с обеспечением своей безопасности, возможностью реализовывать свои национальные цели и преследовать собственные интересы, всегда являлись наиболее актуальными и приоритетными. Во многом сейчас независимость и самостоятельность государства ассоциируется, прежде всего, с развитием его экономики, возможностями национальной экономической модели противостоять негативным факторам и кризисам. В последние годы Россия столкнулась с небывалыми экономическими вызовами, спровоцированными антироссийской санкционной политикой недружественных западных стран, замедлением темпов развития мировой экономики, а также негативных демографических трендов и т. п. Однако, несмотря на это, смогла противостоять им и показать существенные темпы роста в сравнении с другими странами. Напомним, что прогнозируемый рост в конце 2023 года должен составить +3,5 %. Связан данный факт со многими аспектами, однако одним из важнейших является достаточно быстрая переориентация внешней торговли на Восток, эффективный поиск и развитие новых внешнеэкономических связей, поиск и нахождение новых целевых рынков сбыта. Во многом вынужденная работа по нивелированию разрыва с европейскими торговыми партнерами и рациональному поиску в других частях мира создает существенные фундаментальные условия по повышению эффективности процесса обеспечения экономической безопасности государства.

Ключевые слова: экспортный потенциал, внешнеэкономическая деятельность, внешняя торговля, внешнеэкономические связи, экономика, национальная безопасность, безопасность

Для цитирования: Селюков М.В., Шалыгина Н.П. 2024. Развитие внешнеторгового потенциала России как фактор обеспечения экономической безопасности государства. Экономика. Информатика, 51(1): 93–106. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-93-106

Development of Russia's Foreign Trade Potential as a Factor of Ensuring Economic Security of the State

Maksim V. Selyukov, Natalia P. Shalygina

RANEPa St. Petersburg
57/43, Sredny pr. V.O., St. Petersburg, 199178, Russia
E-mail: Selyukov-mv@ranepa.ru, shalyginanp@mail.ru

Abstract. For any modern state, issues related to ensuring its security, the ability to realize its national goals and pursue its own interests have always been the most essential and priority ones. In many ways nowadays, the independence and autonomy of the state is associated, first of all, with the development of its economy, the ability of the national economic model to withstand negative factors and crises. In recent years, Russia has faced unprecedented economic challenges provoked by the anti-Russian sanctions policy of unfriendly Western countries, the slowdown in the development of the global economy, as well as negative demographic trends, etc. However, despite this, it was able to resist them and show quite significant growth rates in comparison with other countries. It is worth reminding that the projected growth at the end of 2023 should be +3.5 %. This fact is connected with many aspects, but one of the most important is rather rapid reorientation of foreign trade to the East, the effective search and development of new foreign economic relations, the search

and finding of new target markets. In many respects, forced work to bridge the gap with European trading partners and rational search in other parts of the world creates significant fundamental conditions for increasing the efficiency of the process of ensuring the economic security of the state.

Keywords: export potential, foreign economic activity, foreign trade, foreign economic relations, economics, national security, security

For citation: Selyukov M.V., Shalygina N.P. 2024. Development of Russia's Foreign Trade Potential as a Factor in Ensuring the Economic Security of the State. Economics. Information technologies, 51(1): 93–106. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-93-106

Введение

Тенденции развития современной мировой экономики, нестабильная политическая обстановка, а также многочисленные примеры нарушения международного права обострили геополитические и геоэкономические противоречия, которые требуют от руководства любого государства уже сейчас задуматься о том, какое место оно займет в формирующемся новом миропорядке, «новой» мировой экономике. В условиях высокой турбулентности среды функционирования повышается значимость разработки инструментария обеспечения экономической безопасности государства, определения точек роста и социально-экономического развития.

Как отметил, в своем выступлении В.В. Путин на виртуальном саммите Шанхайской организации сотрудничества (ШОС): «Продолжается деградация системы международной безопасности. Повышаются риски раскрутки нового глобального экономического и финансового кризиса на фоне бесконтрольного накопления долгов развитых стран, социального расслоения и роста бедности по всему миру, ухудшения продовольственной и экологической безопасности» [Путин, 2023]. Соответственно, это требует пересмотра старых и разработки новых технологий и инструментов развития экономики как на макроуровне, так и мировой экономики в целом. При этом особое место, бесспорно, принадлежит сейчас подходам налаживания внешнеэкономических связей, развитию внешнеэкономической деятельности на всех экономических уровнях, формированию новых долгосрочных и стабильных партнерских внешнеторговых отношений и соответственно повышению внешнеторгового потенциала.

Говоря о российской экономике, следует признать тот факт, что она адаптировалась и к санкциям, и к переходящей «красные линии» политике недружественных стран запада. По крайней мере экономическое положение страны в настоящее время намного лучше, чем ожидало экспертное сообщество (отечественное и зарубежное). Однако одним из ключевых рисков для отечественной экономики в ближайшей перспективе может стать усиление внешних торговых рестрикций, что спровоцирует уменьшение ее потенциала. Данное положение вещей заставляет разрабатывать новые подходы к совершенствованию системы экономической безопасности государства не только как фактора конкурентоспособности национальной экономики и повышения благосостояния граждан, но и что более значимо – как важнейшего условия суверенитета России в целом.

Нельзя не отметить тот факт, что современные реалии развития отечественной экономики, особенно в контексте развития внешней торговли и формирования внешнеэкономических связей, довольно сложно однозначно охарактеризовать. В сущности, на современном этапе развития мировой экономики данное положение свойственно большинству экономически развитых стран, не говоря о представителях мирового сообщества. Так вот, с одной стороны, следует признать существенное негативное влияние беспрецедентных экономических санкций со стороны недружественных стран на экономику, и они сделали свое дело – логистика, цепочки поставок, нарушенные еще в период пандемии коронавирусной инфекции, сейчас уже практически полностью разорваны. Экспортно-импортные внешнеторговые операции со странами Запада сократились в разы, что существенно влияет на функционирование отдельных секторов и сфер отечественной экономики. На сегодняшний день практически разорваны внешнеэкономические связи с бывшими европейскими партнерами.

С другой стороны, нельзя не отметить, что российская экономика выстояла, функционирует и имеет положительную динамику своего развития по ряду показателей. В частности, несмотря на ряд пессимистических прогнозов, согласно которым многие прозападные экономисты и эксперты прогнозировали 100 % падение нашей хозяйственной системы. Однако уже конец 2022 года показал, что отечественная модель экономики имеет определенный запас прочности. Конечно, кто-то объясняет данные результаты отчасти везением, поддержкой наших стратегических партнеров, однако, следует признать приоритетную роль в этом решений и действий государственных регуляторов. Несомненно, главный стратегический партнер – Китай, пришел на помощь и поддержал Россию, например, отсутствием каких-либо ограничений и запретов на торговлю с российскими экспортерами. Однако последнее можно по-разному оценивать. Так, обмен российских ресурсов на китайские потребительские товары не всеми рассматривается как равноценный обмен.

Отчетный год – 2023 и его социально-экономические результаты должны быть основополагающими, так как экономический рост становится в современных условиях вопросом экономической, а значит национальной безопасности. Напомним, что прогнозы социально-экономического развития, представленные экспертным сообществом (Банк России, Минэкономразвития, МВФ, Всемирный банк, «ЕАБР», ИА REX, Focus Economist, Агентство Акра и др. [Манаева, Растопчина, 2022; Селюков, Шалыгина, 2023] в основном носили отрицательный характер, либо представляли собой минимальные значения роста, например, МВФ – +0,3 %. Также следует вспомнить достаточно пессимистический сценарий прогноза главы ЦБ РФ Э. Набиуллиной. При этом Центр макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования (ЦМАКП) в контексте экономической и национальной безопасности России ожидает, что вплоть до 2026 г. отечественная экономика будет и должна расти в среднем примерно на 2 % в год [Башкатова, 2023].

На наш взгляд, точку в предположениях и прогнозах поставил Президент Российской Федерации В.В. Путин, который в ежегодной пресс-конференции, отметил, что: «самый главный показатель роста экономики России – это рост ВВП, на конец года он ожидается на уровне 3,5 %, это хороший показатель, показывающий, что падение прошлого года отыгрывается» [Итоги года с В.В. Путиным, 2023]. Следует признать, что это один из лучших результатов в сравнении с другими так называемыми экономически развитыми странами. В сущности, российская экономика на данный момент является самой быстрорастущей в Европе.

Существенным фактором в достижении данных результатов стала быстрая переориентация отечественных экспортеров на новые рынки сбыта. Для российской экономики всегда была важна внешняя торговля, она ориентирована на экспорт продукции топливно-энергетического комплекса и за всю историю наблюдений внешнеторговый баланс был активным, другими словами, экспорт превышал импорт. Большая часть санкций была направлена на изоляцию России от всего мира и, в первую очередь, разрыв внешнеэкономических связей с европейскими партнерами. Нужно сказать, что это удалось, в результате нарушения всевозможных международных законов и откровенной террористической деятельности – взрыв газопроводов «Северный поток – 1» и частично «Северный поток – 2». В этой ситуации России оставалось одно – поиск новых рынков сбыта, развитие и укрепление внешнеторговых партнерских отношений с дружественными странами.

Результатами данной работы можно считать следующее: «доля рубля во внешней торговле России на сентябрь 2023 года выросла до 40 %, юаня – 33 %, совокупное использование доллара и евро – 24 %. Тогда как в 2021 году во внешней торговле РФ совокупная доля доллара и евро была около 87 %, доля рубля – 11–13 %, юаня – 0,4 %» [Итоги года с В.В. Путиным, 2023].

Таким образом, возвращаясь к тезису о том, что экономическая и соответственно национальная безопасность любого современного государства, в первую очередь, зависит от экономического роста, темпов развития национальной экономики. А в России эти показатели коррелируются и находятся под существенным влиянием от развития внешней торговли,

повышается актуальность и значимость вопросов, связанных с развитием внешнеторгового потенциала как на уровне государства, так и на мезо- и микроэкономических уровнях.

Объекты и методы исследования

Внешнеэкономическая деятельность для России всегда была одной из важнейших сфер развития народного хозяйства. И как показывает история развития отечественной экономики, ее интеграция в мировое экономическое пространство как процесс, характеризовался, соответственно, разными этапами (взлетами и падениями), но в целом представлял собой поступательное движение вперед. Вплоть до того момента, когда российская экономика не стала представлять из себя конкурентоспособного игрока в складывающейся глобальной экономике. Соответственно, далее со стороны западных стран в ход пошли различного рода «инструменты», нацеленные на подрыв, в первую очередь, внешнеторговых связей российских экспортеров с их европейскими партнерами, и, в конечном итоге, в целом на изоляцию России на международном уровне.

Несомненно, осуществляемая санкционная политика, а надо отметить, что на сегодняшний день в отношении экономики нашей страны введен двенадцатый пакет санкций [12-й пакет санкций ЕС против России, 2023], оказала негативное влияние на темпы социально-экономического развития государства и ее внешнеторговый потенциал. Следует признать тот факт, что отечественные компании – участники внешнеэкономической деятельности, представляющие Россию на международном уровне, находятся под существенным давлением. С другой стороны, все это стало в определенном смысле существенным «толчком» для пересмотра концепции обеспечения экономической безопасности на международном уровне, стратегического и тактического развития экономики российского государства, определении дружественных и заинтересованных в экономическом сотрудничестве стран в мире, поиске и нахождении новых рынков сбыта и внешнеторговых партнеров. Более того, как показывают практические данные, все эти санкции подрывают, прежде всего, благосостояние граждан в самих же странах-разработчиках данных рестрикций.

Таким образом, повышение внешнеторгового потенциала России в складывающихся геополитических и геоэкономических условиях становится важнейшим фактором обеспечения экономической безопасности России, чему и посвящено данное исследование.

Основными целями и задачами исследования являются анализ и оценка современного состояния внешнеторгового потенциала государства, определение путей по его наращиванию, а также определению основных точек роста – «драйверов» внешнеторговой деятельности и развитию внешнеэкономических связей на микро-, мезо- и макроэкономическом уровнях. Особое внимание уделялось комплексной оценке тенденций развития внешнеторгового потенциала в контексте складывающихся торгово-экономических отношений с дружественными государствами – торговыми партнерами России.

Вследствие этого были использованы следующие методы научного познания: системный анализ (дедукция, индукция, анализ, синтез), графические и статистические методы, системный подход; применялись методы монографического, статистического и компаративного анализа. Важную роль в процессе исследования играли методы факторного и сравнительного анализа, маркетингового анализа и наблюдения, а также методика SWOT-анализа в отношении конкурентоспособности российских производителей на мировом рынке. Перечисленные методы были использованы в различных комбинациях на разных этапах исследования, в зависимости от целей и задач.

В качестве исходных массивов статистической информации использовались ретроспективные данные Федеральной службы государственной статистики России, отчеты Министерства экономического развития Российской Федерации, Федеральной таможенной службы, статистика, представленная Торгово-промышленной палатой РФ, и другие источники.

Результаты и их обсуждение

Безусловно, внешнеэкономическая деятельность является важнейшей и значимой сферой для любого государства. Однозначно, для современной российской экономики в настоящее время это приоритетная сфера. «Эта сфера влияет на многие процессы в нашей стране: на привлечение инвестиций, динамику в промышленности, темпы освоения инноваций, загруженность производственных мощностей и, как следствие, на доходы наших граждан» [Стратегическая сессия по развитию внешнеэкономической деятельности, 2023].

Отметим, что согласно национальной нормативно-правовой базе «внешнеэкономическая деятельность – внешнеторговая, инвестиционная и иная деятельность, включая производственную кооперацию, в области международного обмена товарами, информацией, работами, услугами, результатами интеллектуальной деятельности (правами на них)» [Об экспортном контроле, 2022]. Однако важно отметить, что число форм ВЭД увеличилось, особенно это стало заметно во время пандемии COVID-19. Здесь можно выделить усиление взаимодействия в сфере межстранового научно-технического сотрудничества, особенно в направлении создания и распространения лекарственных препаратов и вакцин. На основании вышеизложенного мы можем выделить следующие формы: научно-техническое сотрудничество; военно-техническое сотрудничество; строительство и проектно-строительные услуги; сотрудничество в области транспорта; иностранный туризм и др.

Внешняя торговля является основной и приоритетной формой внешнеэкономической деятельности для большинства современных государств. Более того, в условиях становления и развития глобальной мировой экономики данный вид деятельности выполнял и до сих пор выполняет главную связующую роль между странами, возникающую на основе международного разделения труда и, соответственно, выражающуюся в их взаимной экономической зависимости. Вследствие этого именно внешнеторговый потенциал рассматривается в качестве фундаментальной основы развития внешнеэкономической деятельности и фактора обеспечения экономической безопасности государства (рис. 1).

Классический подход к оценке внешнеторгового потенциала состоит, прежде всего, в оценке объемов производства ВВП и анализе факторов, влияющих на темпы роста данного основного показателя – индикатора экономической ситуации в стране (рис. 2).

Представленные данные позволяют, с одной стороны, четко охарактеризовать возможные тенденции развития отечественной экономики, а с другой – выявить причины и факторы негативного влияния, которые имеют место быть сейчас и могут отразиться на внешнеторговом потенциале государства в будущем.

Итак, 2022 год для российской экономики, мягко говоря, стал «непростым» и в целом определяющим. Россия столкнулась с беспрецедентной угрозой своей экономической безопасности, вследствие осуществления небывалого ранее санкционного давления и политики изоляции со стороны недружественных стран. Это существенным образом повлияло на ее экономический потенциал и внешнеторговый в том числе, особенно в начале года. По итогам года на снижении (-2,1 %) сказалось «сокращение индекса физического объема добавленной стоимости в следующих отраслях: оптовая и розничная торговля; водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельности по ликвидации загрязнений; обрабатывающие производства; транспортировка и хранение» [О текущей ситуации в российской экономике, 2023]. В целом динамика ВВП в 2022 г. по сравнению с 2021 г. характеризовалась сокращением физического объема основных компонентов ВВП.

При этом нельзя не отметить тот факт, что запреты и ограничения в отношении российского бизнеса на международном уровне в этом отчетном периоде исследования заставили его активным образом менять стратегию и тактику внешнеторговой деятельности, заняться поиском новых форматов внешнеэкономической деятельности, быстро переориентироваться под требования новых партнеров. Нужно признать тот факт, что в середине 2022 года сфера

внешнеэкономической деятельности характеризовалась для некоторых товарных групп сокращением объемов примерно на 40 % экспортных поставок. При этом, если в целом объем экспорта в натуральном исчислении за этот период снизился на 9 % по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, то уже под конец года положение удалось исправить, что выразилось в некотором изменении составных частей ВВП. Так, в 2022 году по сравнению с 2021 годом мы можем отметить рост чистого экспорта на 3,5 %. Однако, необходимо пояснить, что данный рост произошёл вследствие значительного превышения экспортных цен над импортными на продукты топливно-энергетического комплекса.

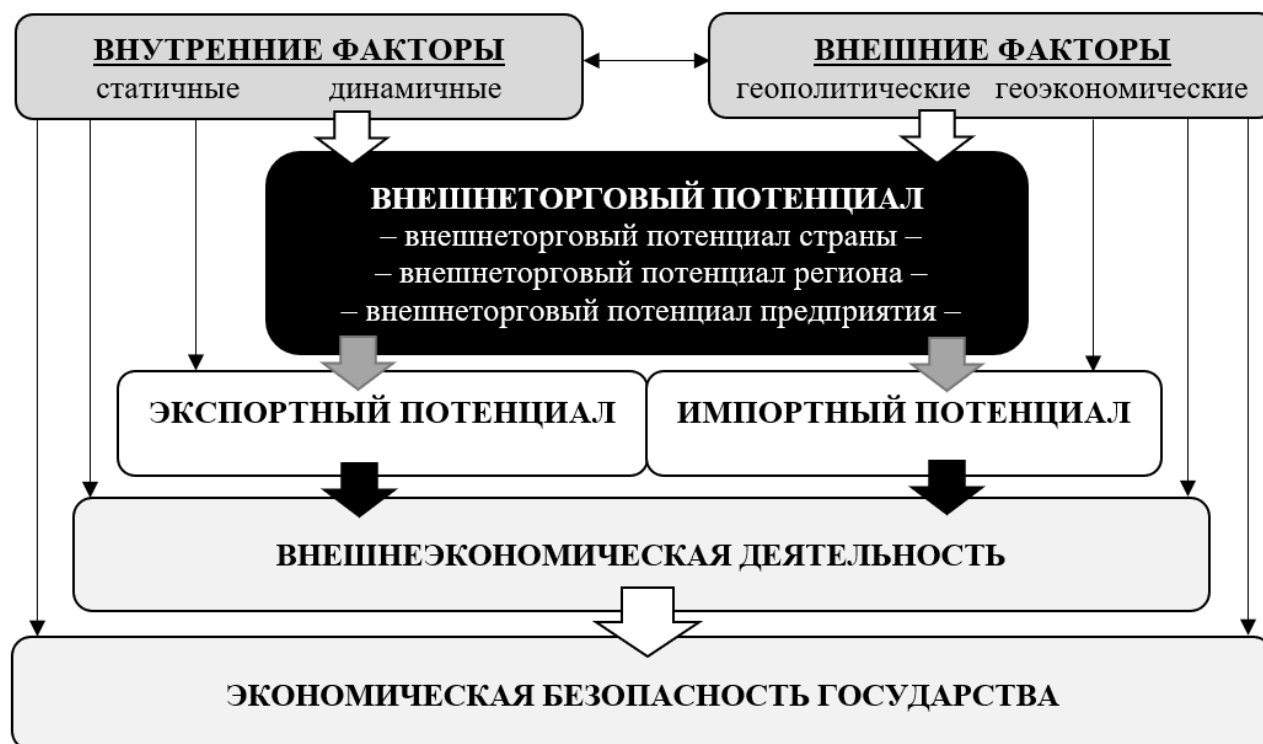
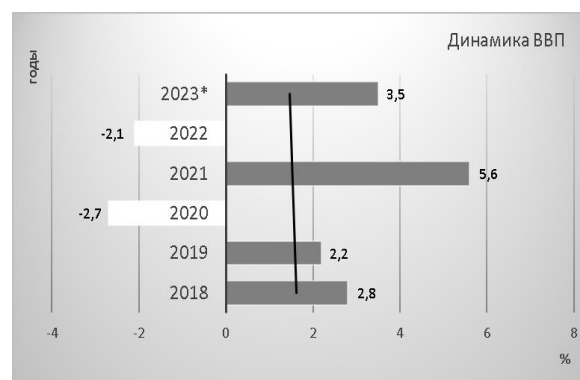
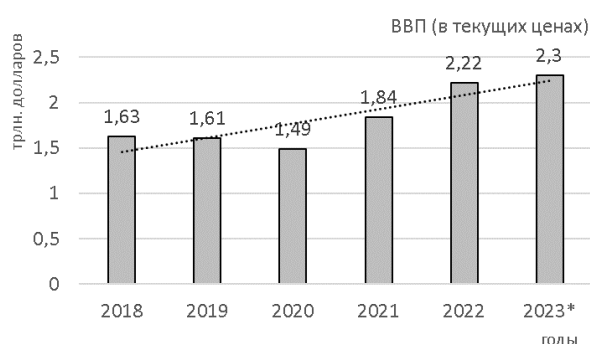


Рис. 1. Внешнеторговый потенциал как фундаментальная основа развития внешнеэкономической деятельности и фактора обеспечения экономической безопасности государства

Fig. 1. Foreign trade potential as a fundamental basis for the development of foreign economic activity and a factor in ensuring the economic security of the state

Примечание. Составлено авторами



2023* – прогнозные значения

Рис. 2. Объем (трлн долл.) и динамика (%) ВВП России за 2018–2023* гг.

Fig. 2. Volume (trillion dollars) and dynamics (%) of Russia's GDP for 2018–2023*

Примечание. Составлено авторами по данным [О текущей ситуации в российской экономике за 9 месяцев 2023 года, 2023; ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023].

Соответственно, несмотря на сокращение ВВП (-2,1 %) в 2022 году по сравнению с 2021 годом, российская экономика показала свою состоятельность под влиянием санкций недружественных стран запада, а внешняя торговля – возможность развития новых внешнеэкономических связей. В целом все это стало фундаментом для развития экономики в 2023 году.

Оценивая реальные результаты за 9 месяцев 2023 года, отметим, что по оценке Минэкономразвития России, «в августе 2023 г. ВВП превысил уровень прошлого года на +5,2 % г/г (+5,1 % г/г в июле), а уровень двухлетней давности на +2,4 % (+0,9 % в июле). В целом за 8 месяцев 2023 г. ВВП вырос на +2,5 % г/г (+2,1 % г/г за 7 месяцев 2023 г.). С исключением сезонного фактора рост ВВП составил +0,4 % м/м SA после роста на +0,6 % м/м SA месяцем ранее (предыдущая оценка за июль +0,5 м/м SA)» [О текущей ситуации в российской экономике, 2023].

Согласно прогнозам, значение роста ВВП в этом году составит +3,5 %. Во многом такой результат был достигнут в результате эффективной реализации своего потенциала предприятий – участников внешнеэкономической деятельности. Так, например, один из ярких представителей отечественного топливно-энергетического комплекса – российский энергетический концерн «Газпром» вышел на принципиально новый уровень поставок газа в Китай. Уже сейчас можно говорить о том, что объем газа, экспортируемый ранее, и от которого впоследствии отказались бывшие «европейские партнеры», практически полностью возмещен поставками стратегическому партнеру – Китаю.

Следующим показателем оценки внешнеторгового потенциала, на котором остановимся, является внешнеторговый баланс. Динамика внешнеторгового оборота России за 2018–2023* гг. представлена на рисунке 3.



Рис. 3. Динамика внешнеторгового оборота России за 2018–2023* гг.

Fig. 3. Dynamics of Russia's foreign trade turnover for 2018–2023*

Примечание. Составлено авторами по данным [О текущей ситуации в российской экономике за 9 месяцев 2023 года, 2023], [ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023].

В данном периоде преобладает рост стоимости внешнеторгового оборота по сравнению с предшествующими годами, за исключением 2019–2020 гг. (оказали влияние снижение цен на нефть, изменение курса рубля, а в 2020 г. также пандемия коронавируса). С другой стороны, следует признать, что в 2022 году, напротив, конъюнктура международного энергетического рынка характеризовалась достаточно высокими ценами.

Отметим, что согласно данным, представленным ФТС России, оборот внешней торговли России за 9 месяцев 2023 года сократился на 16 % меньше, чем годом ранее, и составил 530,2 млрд долларов. При этом снизился экспорт, а импорт вырос. На торговлю с Азией теперь приходится почти 70 %.

Рисунок 4 отражает структуру внешнеторгового оборота России, другими словами, соотношение экспорта и импорта товаров – торговый баланс. Это основной показатель, характеризующий внешнюю торговлю и ее результаты, а значит и внешнеторговый потенциал государства. Оценивая данные, представленные на рисунке, нельзя не отметить, что его используют, как для того, чтобы прогнозировать события в макроэкономике, так и для того, чтобы определять глобальные характеристики внешней экономики отдельной страны. Сальдо показывает, насколько страна самодостаточна или уязвима. Однако данный аспект в последние годы носит дискуссионный характер. Дело в том, что положительное сальдо, т. е. превышение экспорта над импортом, не всегда следует рассматривать положительно. Так и отрицательное сальдо – пассивный баланс – рассматривать как ярко выраженную уязвимость.

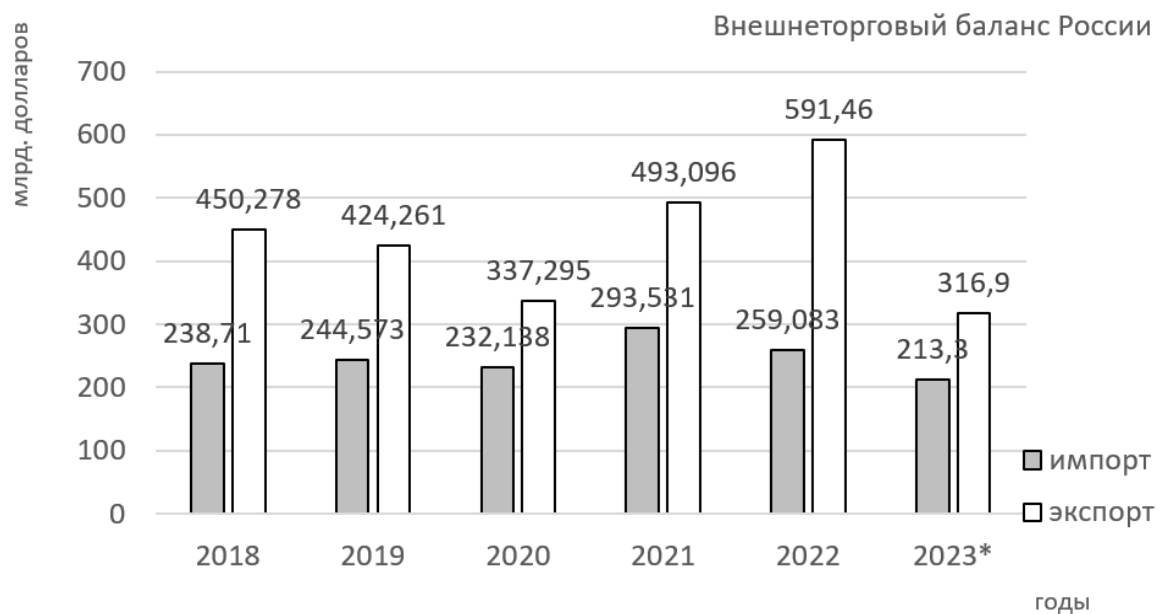


Рис. 4. Внешнеторговый баланс России в 2018–2023* гг.

Fig. 4. Foreign trade balance of Russia in 2018–2023*

Примечание. Составлено авторами по данным [О текущей ситуации в российской экономике за 9 месяцев 2023 года, 2023], [ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023].

К числу основных факторов, оказывающих влияние на сальдо торгового баланса в современных условиях хозяйствования, в первую очередь, следует отнести конкурентоспособность товаров страны. Соответственно, также можно отнести и ресурсный потенциал государства, если мы рассматриваем в качестве основных экспортируемых товаров нефть и газ.

Несомненно, к числу существенных факторов, влияющих на сальдо внешнеторгового баланса, относят и систему государственного регулирования внешнеэкономической деятельности, вследствие этого и таможенную и налоговую политику.

Итак, российская экономика всегда была ориентирована на экспорт, соответственно стоимость товаров, которые страна продавала, всегда была выше стоимости товаров, которые покупала. Вследствие этого сальдо носило всегда положительный характер, а значит торговый баланс – активный. Отметим, что большая часть санкций и были направлены на изоляцию и подрыв внешнеэкономических связей, с учетом особенностей торгового баланса России, с тем, чтобы нанести наибольший ущерб.

Отметим, что в 2022 году положительное сальдо существенно укрепилось: экспорт увеличился на 19 %, а импорт снизился на 7,8 %. При этом отмечено, что на 12,9 % снизился экспорт услуг.

Анализируя динамику внешнеторгового баланса за январь-сентябрь 2023 года с аналогичным периодом годом ранее отметим, что «объем экспорта снизился на 29 %, с \$448,9 млрд до \$316,9 млрд, а импорт увеличился на 18 % – с \$180,3 млрд до \$213,3 млрд. Таким образом, профицит торгового баланса по товарам составил \$103,6 млрд, что почти в 2,6 раза меньше, чем в январе-сентябре 2022 года (\$268,7 млрд)» [ФТС России, 2023]. В основном данные результаты связывают с нестабильностью цен на международном энергетическом рынке.

Отметим, что, помимо сальдо, важна структура баланса. Для российской экономики чаще всего опасения вызывает именно структура, так как по большей части экспорт – это невозобновляемые природные ресурсы (рис. 5).

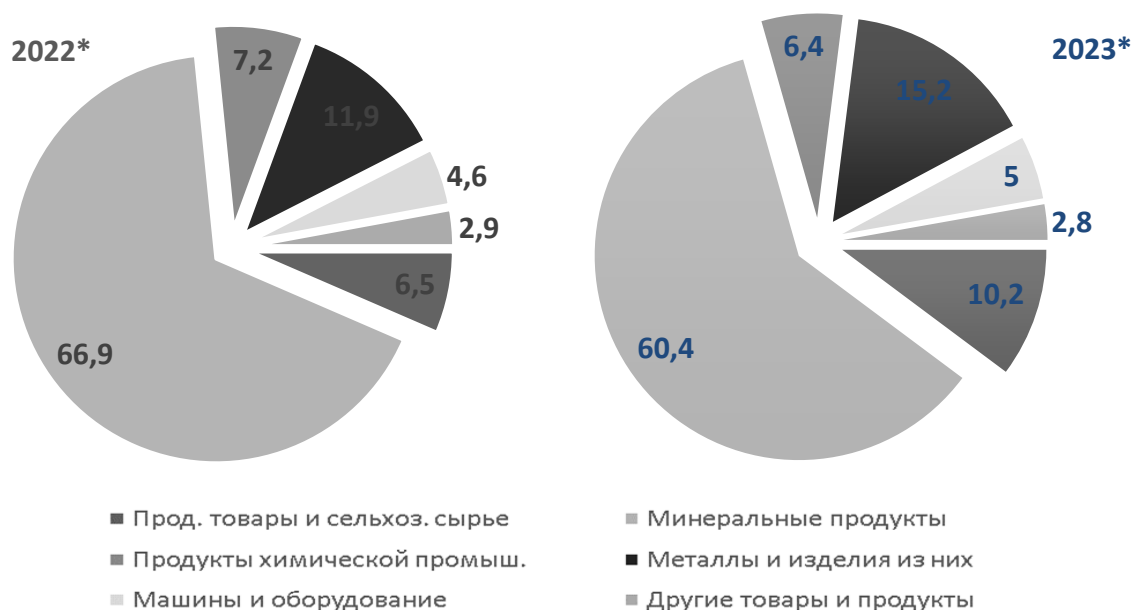


Рис. 5. Структура экспорта товаров из России за 9 месяцев 2022–2023 гг.

Fig. 5. Structure of exports of goods from Russia for 9 months of 2022–2023

Примечание. Составлено авторами по данным [О текущей ситуации в российской экономике за 9 месяцев 2023 года, 2023], [ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023].

Как можно наблюдать выше, в структуре экспорта товаров произошли изменения за исследуемый период: сократился удельный вес экспорта минеральных продуктов, продукции химической промышленности, металлов и изделий из них, а также машин и оборудования (транспортные средства). Соответственно, в январе-сентябре 2023 года увеличился экспорт продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья.

Отметим, что экспорт в 2023 году претерпел существенные изменения по сравнению с предыдущим годом главным образом в результате снижения мировых цен на основные товары российского экспорта. При этом импорт товаров продолжил свое восстановление за счет наращивания ввоза товаров из дружественных стран. Структура импорта товаров представлена на рисунке 6.

Нельзя не отметить в процессе оценки внешнеторгового баланса еще один аспект – внешнеэкономические связи страны на современном этапе развития мировой экономики и международных отношений. В сложившихся условиях это важно, так как вся санкционная политика недружественных стран была направлена на подрыв внешнеэкономических связей с Россией, ее международную изоляцию. В таблице 1 представлены результаты исследования экспорта и импорта товаров России по группам стран.

В целом следует отметить, что российская экономика в сфере внешнеторговой деятельности справляется с негативными факторами, оказывающими целенаправленное влияние на ее эффективность и разрыв внешнеэкономических связей. Такие показатели как экспортная и импортная квоты, в целом и внешнеторговая квота характеризуют факт открытости экономики России и ее ориентации на внешнеторговое взаимодействие с новыми партнерами. Однако следует признать тот факт, что имеющийся потенциал в ряде отраслей и секторов народного хозяйства пока не раскрыт и не используется для привлечения бизнес-партнеров из других стран. Существуют проблемы правового, организационного и экономического характера, требующие выработки инструментария для их решения.

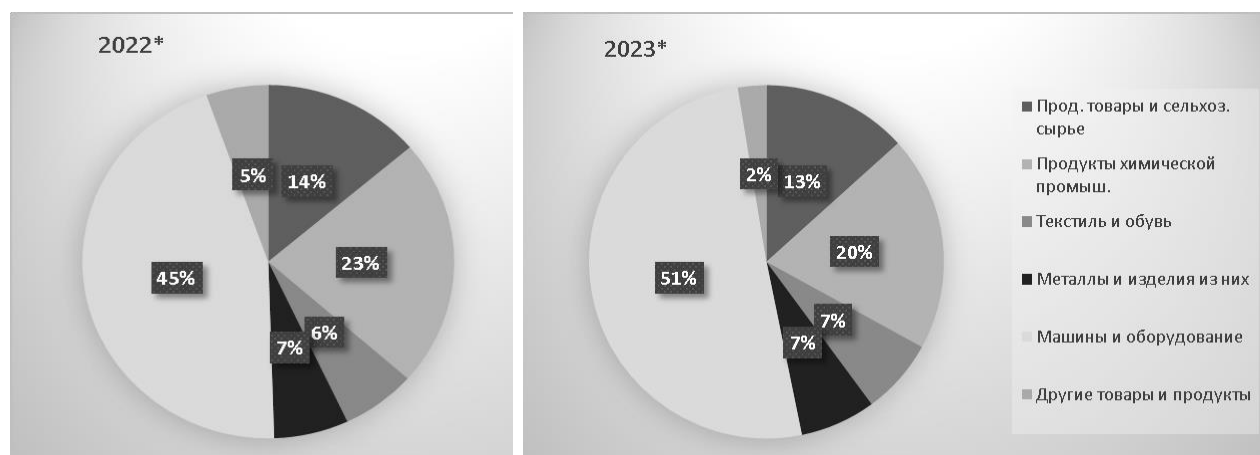


Рис. 6. Структура импорта товаров за 9 месяцев 2022–2023 гг.

Fig. 6. Structure of imports of goods for 9 months of 2022–2023.

Примечание. Составлено авторами по данным [О текущей ситуации в российской экономике за 9 месяцев 2023 года, 2023], [ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023].

Таблица 1

Table 1

Экспорт и импорт товаров России по группам стран за январь-сентябрь 2022–2023 гг.

Export and import of goods from Russia by groups of countries for January-September 2022–2023

млрд долларов США

	Экспорт			Импорт		
	январь-сентябрь 2022 г.	январь-сентябрь 2023 г.	в % к соответствующему периоду предыдущего года	январь-сентябрь 2022 г.	январь-сентябрь 2023 г.	в % к соответствующему периоду предыдущего года
Всего	448,9	316,9	70,6	180,3	213,3	118,3
в том числе:						
Европа	216,7	65,3	30,1	64,8	59,2	91,3
Азия	205,4	226,6	110,3	100,2	139,7	139,5
Африка	10,1	15,6	154,1	2,3	2,5	109,5
Америка	16,1	9,3	57,6	12,4	11,4	91,8
Океания	0,3	0,0	2,4	0,4	0,1	34,7

Примечание. Составлено авторами по данным [ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023].

Заключение

Несомненно, российская экономика продолжает оказываться под существенным санкционным давлением со стороны недружественных стран, в первую очередь, США, стран ЕС, их союзников, вследствие этого сталкивается с постоянно меняющимися «правилами игры» в международной торговле и несостоятельностью функционирования международных институтов, например, Всемирной торговой организации. Все это оказывает акцентированное негативное влияние на внешнеэкономическую деятельность и внешнеторговый потенциал страны. Соответственно, повышаются влияние и риски обеспечения экономической, а в настоящее время и в наибольшей значимости национальной безопасности государства.

Внешнеторговый потенциал России до определенного момента практически всегда оценивали высоко и связывали эту оценку с географическим положением – самая большая территория государства, находящаяся на пересечении двух континентов, что позволяет оказывать влияние на различные регионы и государства. Существенный природно-ресурсный потенциал – огромные запасы природных ресурсов, что отразилось на статусе страны как крупнейшего экспортера важнейших сырьевых товаров (нефть, газ) в мире. Высокий уровень инфраструктурной составляющей, особенно в топливно-энергетическом комплексе, а также уровень научно-технического потенциала, который отразился на статусе космической державы и развитием военно-промышленном комплексе. Однако, это все характеризует в большей степени внутренние, статичные характеристики и факторы развития внешнеторгового потенциала. На сегодняшний день внешние факторы, а именно геополитические и геоэкономические, играют приоритетную роль и оказывают существенное влияние на снижение роли России на международном уровне и дезинтеграционные процессы в развитии внешнеторгового потенциала. Например, к числу последних следует отнести правило «No Russia» во внешней торговле в 12-ом пакете санкций, согласно которым европейские экспортеры в контрактах на поставку определенных типов продукции в страны, не входящие в список партнерских, должны указывать, что реэкспорт этих товаров запрещен в Россию. При этом оговорка не нужна, если договор предполагает экспорт в такие страны-партнеры, как Соединенные Штаты Америки, Великобритания, Япония, Южная Корея, Австралия, Канада, Новая Зеландия, Норвегия, Швейцария. Кстати, которые с нами на внешнеэкономическом уровне продолжают взаимодействовать.

Конечно, следует признать факт адаптации российской экономики и в частности ее внешнеэкономической сферы к санкциям и поведению ряда бывших внешнеторговых «партнеров», что в частности подтверждается социально-экономическими результатами в 2023 году, как в отношении положения, складывающегося внутри страны, так и на внешнем контуре – повышения международной роли страны, развития внешнеторговых связей с новыми партнерами. Отчасти, это связано с абсурдностью тезиса, что современную российскую экономику, с учетом ее интеграции в мировую экономику, можно быстро и навсегда изолировать, и запретить ей торговать на международном уровне. Как показывают результаты такого подхода, особенно за последний год, эти санкции наносят существенный экономический ущерб самим же инициаторам этих действий. При этом нельзя и не видеть негативного влияния на темпы развития экономики России.

Все вышеперечисленные обстоятельства требуют корректировки положения внешнеэкономической и внешнеторговой политики РФ, поиска новых инструментов развития внешнеторгового, экспортного потенциала на всех экономических уровнях государства, развития, расширения и укрепления торгово-экономических связей, тем более в условиях масштабной трансформации мировой экономики. В этом отношении нельзя не согласиться с мнением, что «перемены на глобальном уровне набирают ход. Показательно, например, что доля государств «Большой семёрки» в мировом ВВП по показателю паритета покупательной способности уже в прошлом году оказалась ниже, чем у стран БРИКС. По данным МВФ, 30,3 % против 31,5 %. По итогам текущего года разница может увеличиться. При этом страны «семёрки» накопили колоссальный государственный долг, который рано или поздно начнёт сказываться и на торговле, и на инвестициях. Происходит перераспределение экономического потенциала – к новым лидерам. Это и порождает такой агрессивный протекционизм со стороны тех, кто пытается сохранить статус-кво и, очевидно, не хочет, чтобы что-то поменялось. Отсюда и явные попытки

сдерживания конкурентов – как в экономическом плане, так и в технологическом» [Стратегическая сессия по развитию внешнеэкономической деятельности, 2023].

Таким образом, возрастает значимость стратегического целеполагания развития внешнеторгового потенциала России. В настоящее время вопросы развития внешнеэкономической деятельности и, соответственно, ее потенциала находятся на этапе разработки. При этом важным тезисом, который, видимо, ляжет в ее основу, будет следующий: «К 2030 году доля дружественных стран в товарообороте может преодолеть планку в 90 %. Таким образом, роль тех, кто сейчас пытается сдержать Россию, сократится до минимума. Конечно, было бы неправильно полностью разрывать сотрудничество с ними. Россия не раз подчёркивала, что будет приветствовать всех зарубежных партнёров, которые захотят продолжить конструктивное взаимодействие. К этой группе стран станем применять диверсифицированный подход, исходя прежде всего из наших интересов и готовности контрагентов к работе в новых условиях на основе взаимного уважения и учёта интересов друг друга» [Стратегическая сессия по развитию внешнеэкономической деятельности, 2023]. Что, несомненно, характеризует рациональный подход к ведению и решению вопросов в сфере внешнеэкономической деятельности.

Особое внимание в рамках стратегического подхода к развитию внешнеторгового потенциала как фактора обеспечения экономической безопасности государства, считаем необходимым сконцентрировать на ряде отраслей и секторов народного хозяйства, на базе развития которых будет наращиваться экспортный потенциал. Нельзя забывать и об импортном потенциале, вследствие этого необходимо создать условия для развития прочных внешнеторговых связей с партнерами по ряду в ближайшей перспективе импортозависимых отраслей (рис. 7).

В качестве основных перспективных направлений по повышению эффективности сотрудничества России во внешнеэкономической сфере и дальнейшему совершенствованию экспортно-ориентированных отраслей экономики считаем целесообразным отнести: формирование такой международно-правовой системы, в основе которой лежат принципы взаимовыгодного сотрудничества; усиление взаимодействия на уровне интеграции в рамках развития СНГ, БРИКС, Шанхайской организации сотрудничества и т. д.; активное продвижение российских компаний на рынках дружественных стран; побуждение, активизация российских компаний к выходу на внешние рынки со своей продукцией и услугами; усиление правовой защиты российских производителей на внешних рынках; активизация «несырьевых» секторов отечественной экономики.



Рис. 7. Целевые отрасли и сектора экономики, лежащие в основе развития внешнеторгового потенциала России

Fig. 7. Target industries and economic sectors underlying the development of Russia's foreign trade potential

Примечание. Составлено авторами

Список источников

- 12-й пакет санкций ЕС против России. URL: <https://www.rbc.ru/economics/19/12/2023/65807aff9a794779f386ace3?ysclid=lqdoazd6ih40798415&from=copy> (дата обращения: 20.12.2023).
- Башкатова А. 2023. Экономический рост становится вопросом национальной безопасности. URL: https://www.ng.ru/economics/2023-07-25/2_8782_perspective.html?ysclid=lq5qsz55m2196040038 (дата обращения: 18.12.2023).
- Итоги года с Владимиром Путиным. URL: <https://ria.ru/20231214/putin-1915699870.html?ysclid=lq70owboh8641641249> (дата обращения: 19.12.2023).
- О текущей ситуации в российской экономике за 9 месяцев 2023 года. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/c398187fffb60a753b7275ab6529b0a5/o_tekushchey_situacii_v_rossiyskoj_ekonomike_avgust_sentyabr_2023_goda.pdf (дата обращения: 21.12.2023).
- Об экспортном контроле: федер. закон от 18.07.1999 № 183-ФЗ: ред. от 26.03.2022 № 73-ФЗ // Справочная правовая система «Консультант Плюс». Разд. «Законодательство». Ин-форм. банк «Российское законодательство (Версия Проф)».
- Путин В.В.: противоречия в мире становятся все острее, происходит деградация безопасности. URL: <https://ria.ru/20230704/putin-1882084617.html?ysclid=lqcurxhdyn655515456> (дата обращения: 10.12.2023).
- Стратегическая сессия по развитию внешнеэкономической деятельности. URL: <http://government.ru/news/50391/> (дата обращения: 15.12.2023).
- ФТС России раскрыла объем внешней торговли России. URL: <https://www.rbc.ru/economics/14/11/2023/65532b479a79471209aab87e?ysclid=lq5kylq2rw919738964&from=copy> (дата обращения: 22.12.2023).

Список литературы

- Манаева И.В., Растопчина Ю.Л. 2022. Национальное стратегическое планирование в России: роль внешнеэкономической деятельности. Экономика промышленности. Т. 15, 1: 7–16.
- Селюков М.В. 2018. Внешнеэкономическая деятельность как фактор повышения конкурентоспособности экономики России. Сборник научных трудов по итогам Международного интеграционного форума «Приграничье-2018». Белгород : Издательский дом «БелГУ»: 417–419.
- Селюков М.В., Шалыгина Н.П. 2023. Позиционирование российских производителей на мировом рынке продукции АПК: проблем и перспективы. Экономика. Информатика, 49(3): 94–105.
- Selyukov M.V., Kamyshanchenko E.N., Shalygina N.P. 2021. Foreign economic activity of the Russian Federation: problems and prospects for the development of investment cooperation. Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies, 48 (3): 455–465.

References

- Manaeva I.V., Rastopchina Yu.L. 2022. National strategic planning in Russia: the role of foreign economic activity. Economics of industry. Vol. 15, 1: 7–16. (in Russian)
- Selyukov M.V. 2018. Foreign economic activity as a factor in increasing the competitiveness of the Russian economy. Collection of scientific papers based on the results of the International Integration Forum “Borderlands-2018”. Belgorod: Publishing house “BelGU”: 417–419. (in Russian)
- Selyukov M.V., Shalygina N.P. 2023. Positioning of Russian producers in the global market for agricultural products: problems and prospects. Economics. Information technologies, 49(3): 94–105. (in Russian)
- Selyukov M.V., Kamyshanchenko E.N., Shalygina N.P. 2021. Foreign economic activity of the Russian Federation: problems and prospects for the development of investment cooperation. Economics. Information technologies, 48 (3): 455–465.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.



Поступила в редакцию 25.12.2023
Поступила после рецензирования 03.02.2024
Принята к публикации 14.02.2024

Received December 25, 2023
Revised February 03, 2024
Accepted February 14, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Селюков Максим Викторович, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры таможенного администрирования, СЗИУ РАНХиГС, Санкт-Петербург, Россия

Шалыгина Наталья Петровна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры таможенного администрирования, СЗИУ РАНХиГС, Санкт-Петербург, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maksim V. Selyukov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Customs Administration of the RANEPa St. Petersburg

Natalya P. Shalygina, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Customs Administration of the RANEPa St. Petersburg

УДК 331.101.6

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-107-120

Резервы роста производительности труда промышленного предприятия как составляющая потенциала его развития

Чижова Е.Н., Балабанова Г.Г.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: chizhova_elena@mail.ru, gulnara.balabanova@yandex.ru

Аннотация. Одной из важнейших проблем современной экономики России остается проблема повышения производительности труда. Технический прогресс создает условия на пути ее решения и одновременно создает новые ограничения и трудности роста производительности труда. Для страны в целом, ее отдельных регионов и отраслей показатель производительности труда выступает в числе главных индикаторов экономического развития. Таким образом, тема роста производительности труда в экономике и особенно в промышленности была и остается актуальной, требующей дальнейших исследований. В работе применены общенаучные и специальные методы в целях обоснования выдвинутых положений. Результаты исследований представлены систематизацией инструментов управленческого воздействия на процессы, обеспечивающие рост производительности труда, их разделением на инструменты прямого и косвенного воздействия с последующим выделением и подробной характеристикой инструментов косвенного воздействия, которые весьма разнообразны по своему составу. Авторы обосновывают необходимость рассматривать управление производительностью труда через реализацию управленческих функций, вводя дополнительно в качестве отдельных и самостоятельных функций прогнозирование и координацию. Авторы видят эффект управления производительностью труда в виде нахождения и использования внутрипроизводственных резервов, которые в данной статье подвергнуты систематизации. Она позволяет определить вид, место в системе «предприятие» и направление использования резервов. В статье представлен методический подход к расчету составляющих потенциала предприятия посредством коэффициентного метода. Особое внимание в статье уделено выявлению возможностей цифровизационных и инновационных резервов и их оценке. Представлены группы показателей, их расчет и влияние на изменение инновационно-цифровизационного потенциала промышленности за последние годы. Авторы пришли к выводу, что прогнозирование резервов роста производительности труда промышленного предприятия зависит, в том числе, от того, к какой группе следует отнести предприятие по уровню цифровизации.

Ключевые слова: управление производительностью труда, обрабатывающая промышленность, внутрипроизводственные резервы, цифровизация

Для цитирования: Чижова Е.Н., Балабанова Г.Г. 2024. Резервы роста производительности труда промышленного предприятия как составляющая потенциала его развития. Экономика. Информатика, 51(1): 107–120. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-107-120

Reserves for Growth of Labor Productivity of an Industrial Enterprise as a Component of Its Development Potential

Elena N. Chizhova, Gulnara G. Balabanova

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

46 Kostyukova str., Belgorod, 308012, Russian Federation

E-mail: chizhova_elena@mail.ru, gulnara.balabanova@yandex.ru

Abstract. One of the most important problems of the modern Russian economy remains the problem of increasing labor productivity. Technological progress creates conditions to solve it and at the same time

generates new restrictions and difficulties in the growth of labor productivity. For the country as a whole, its individual regions and industries, labor productivity is one of the main indicators of economic development. Thus, the topic of labor productivity growth in the economy and especially in industry has been and remains relevant, requiring further research. The work uses general scientific and special methods to substantiate the propositions put forward. The research results are presented by systematizing the tools of managerial influence on the processes that ensure the growth of labor productivity, their division into tools of direct and indirect impact, followed by the identification and detailed description of the instruments of indirect influence, which are very diverse by structure. The authors justify the need to consider labor productivity management through the implementation of management functions, additionally introducing forecasting and coordination as separate and independent functions. Hence the effect of labor productivity management in the form of finding and using internal production reserves can be distinguished and systematized. It gives the opportunity to determine the type, place in the enterprise system and direction of applied reserves. The article presents a methodological approach to calculating the components of an enterprise's potential using the coefficient method. Particular attention in the article is paid to identifying the possibilities of digitalization and innovation reserves and their assessment. Groups of indicators, their calculation and impact on changes in the innovation and digitalization potential of industry in recent years are revealed as well. The authors came to the conclusion that the reserves for growth in labor productivity of an industrial enterprise depend, among other things, on the group the enterprise belongs according to its level of digitalization.

Keywords: labor productivity management, manufacturing industry, internal production reserves, digitalization

For citation: Chizhova E.N., Balabanova G.G. 2024. Reserves for Growth of Labor Productivity of an Industrial Enterprise as a Component of Its Development Potential. Economics. Information technologies, 51(1): 107–120. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-107-120

Введение

Повышение производительности труда – процесс изменений, требующий управления, и, как любой процесс, он нацелен на поиск инструментов воздействия на работника с целью увеличения выработки.

В условиях неоиндустриального этапа развития общества процесс управления производительностью труда отличен от процессов, описанных классиками научного управления – Ф. Тейлором [Тейлор, 1991], Г. Эмерсоном [Эмерсон, 1992], А. Гастевым [Гастев, 1973] и др., неоклассиками – Дж. Минцером [Mincer, 1958], Р. Лукасом [Лукас, 2013], Т. Шульцем и Г. Беккером [Тебиев, Авдеев, 2012]. И если первые указывали на необходимость получения максимального дохода от труда работников посредством жесткой дисциплины, четкого выполнения «уроков», хронометража рабочего времени, неукоснительного соблюдения обязанностей и т. п., то их последователи связывали рост производительности труда с инвестициями в человеческий капитал и повышением уровня оплаты труда соответственно, поскольку обучение работников позволяет приобрести новые знания, повысить их мотивацию и т. п., что способствует удержанию сотрудников при дефиците кадров.

Объекты и методы исследования

Цель исследования состоит в развитии теоретических положений и выработке рекомендаций поиска резервов роста производительности труда на промышленном предприятии, составляющих его потенциал.

Методология исследования, в том числе в данной статье, включает исторический, системный подходы в виде анализа, синтеза, гипотетико-дедуктивного, статистического, метод формализованного представления, инструментарий в виде таблиц, аналоговых экономических моделей.

При подготовке статьи использованы научные материалы, посвященные теории вопроса роста производительности труда в виде работ отечественных и зарубежных ученых,

данные статистики, представленные Высшей школой экономики, Единой межведомственной информационно-статистической системой (ЕМИСС).

Результаты и их обсуждение

Современный подход к управлению производительностью отличаются следующие обстоятельства.

Во-первых, имеет место комбинация инструментов прямого (административного) и косвенного воздействия на объект управления (инструменты косвенного воздействия представлены в табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Инструменты косвенного воздействия Indirect influence tools

Тип	Краткая характеристика
Производственные	Механизация, автоматизация, модернизация, цифровизация
Экономические	1. Стимулирующие (активизация функционирования): оплата труда, премии, система материального стимулирования за личные и коллективные достижения, участие в рационализаторском движении, финансовая помощь (в организации свадеб, похорон, юбилеев, при рождении детей, лечении, получении образовательного и жилищного кредитов) 2. Мотивационные (активизация профессионального развития): программы поощрения, шкала оценки производительности сотрудников, получение дополнительного знания (повышение уровня образования, тренинги, конференции) и карьерный рост, уважение, позитивное отношение к увлечениям сотрудников, делегирование полномочий, предоставление возможности разработки собственного стратегического плана, интенсивность контактов между руководителями подразделений и рядовыми сотрудниками, банк идей, соответствие между заданием и квалификацией сотрудника и т. п. [Хайем]
Организационные	Структура персонала, организационная структура, модель управления, «машинизация» и цифровизация управленческой работы, гибкие формы организации труда
Социальные	Бесплатное питание, обеспечение местами в дошкольных учреждениях, оплата обучения, профилактические лечебные обследования, корпоративная пенсионная программа, организация досуга и т. п.
Психологические	Комфортная среда, условия для раскрытия потенциала сотрудника

Во-вторых, обязательно управление всеми видами ресурсов, включая информационные, что позволяет сократить время на решение поставленных задач и получить более высокие результативные показатели.

В-третьих, процесс управления осуществляется в рамках функциональных блоков, чаще всего выделяют пять. Применительно к производительности процесс управления, на наш взгляд, следует представить посредством не пяти функциональных блоков (М. Мескон [Мескон, 1993], В. Войтова и А. Землелая [Войтова, Землелая, 2013], Е.В. Кучина [Кучина, 2015], Ю. Маркова [Маркова, 2011]), а семи, особо выделив в самостоятельные блоки прогнозирование и координацию (рис. 1). Выделение данных блоков обусловлено важными в современных условиях причинами.

Ценность «Прогнозирования» заключена в том, что, используя цифровые модели, можно оценить вклад каждого ресурса в повышение производительности труда и найти «неиспользованные возможности развития» [Пруденский, 1972, с. 66], т. е. резервы роста на внутрипроизводственном (в первую очередь) и внепроизводственном уровнях, выделить

преимущественно перспективные и предложить научно-обоснованные варианты изменения производительности труда в результате их активизации с последующей разработкой мероприятий, направленных на рост объемов производства и повышение производительности.

1. Мониторинг и анализ	1. Мониторинг состояния внутренней и внешней среды. Анализ полученной информации. 2. Оценка текущего состояния посредством показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятия. 3. Выявление факторов, способствующих и препятствующих росту производительности труда, и резервов повышения производительности труда
2. Прогнозирование	Создание научно обоснованных сценариев изменения производительности труда, развития предприятия на основе построения математических моделей, позволяющих спрогнозировать уровень роста производительности труда (учитывая выявленные факторы и резервы, прошлый, сложившийся уровни производительности труда, численность занятых, уровень цен, затраты и т.п.)
3. Планирование мероприятий по повышению производительности труда	1. Определение краткосрочной цели: повышение производительности труда до среднеотраслевого или до уровня лидера отрасли (в зависимости от текущего состояния). 2. Определение краткосрочных задач: рост выработки, рентабельности, снижение себестоимости, материалоемкости и т.п. (задачи должны корреспондироваться с резервами). 3. Разработка мероприятий, реализация которых позволит решить поставленные задачи. 4. Выбор и распределение ресурсов согласно поставленным задачам
4. Организация условий для повышения производительности труда	1. Повышение технического уровня производства (механизации, автоматизации, модернизация). 2. Совершенствование организации труда и производства с целью сокращения потерь рабочего времени, непроизводственных затрат: совершенствование (упрощение) структуры производства; специализация, распределение ответственности между подразделениями, обеспечение согласованных действий между ними посредством эффективной коммуникации (использование цифровых технологий); аттестация на рабочем месте (сокращение работников с низким уровнем компетентности). 3. Изменение структуры производимой продукции: увеличение доли инновационной продукции
5. Мотивация	Создание системы мотивирующих факторов, побуждающих к более результативному труду
6. Контроль	1. Разработка системы показателей, позволяющих оценить результативность реализуемых мероприятий. 2. Оценка результативности решения поставленных задач
7. Координация	1. Обеспечение согласованности, непрерывности между всеми процессами управления. 2. Регулирование управленческой деятельности посредством ликвидации возможных отклонений

Рис. 1. Последовательность управления производительностью труда

Fig. 1. Sequence of laborproductivity management

Источник: Составлено авторами.

Source: Compiled by the authors.

В модели современного предприятия функциональный блок «Координация» ответственен не только за осуществление согласованности между всеми подпроцессами и быстрое регулирование в случае возникших сбоев, но и координацию, и согласование остальных стадий процесса управления (по Мескону – планирование, организация, мотивация, контроль [Мескон, 1993]).

Логика такова, что основным звеном процесса управления производительностью труда является поиск внутрипроизводственных резервов. Это предполагает, во-первых, комплексную оценку совокупного потенциала предприятия с последующим определением наиболее уязвимых переделов, степени их комплиментарности; во-вторых, разработку

мероприятий, направленных на увеличение объемов производства и реализацию продукции, сокращение материалоемкости, средних затрат, потерь рабочего и непроизводительного времени, повышение уровня рентабельности и усиление конкурентных преимуществ предприятия. Модель поиска резервов представлена на рис. 2.

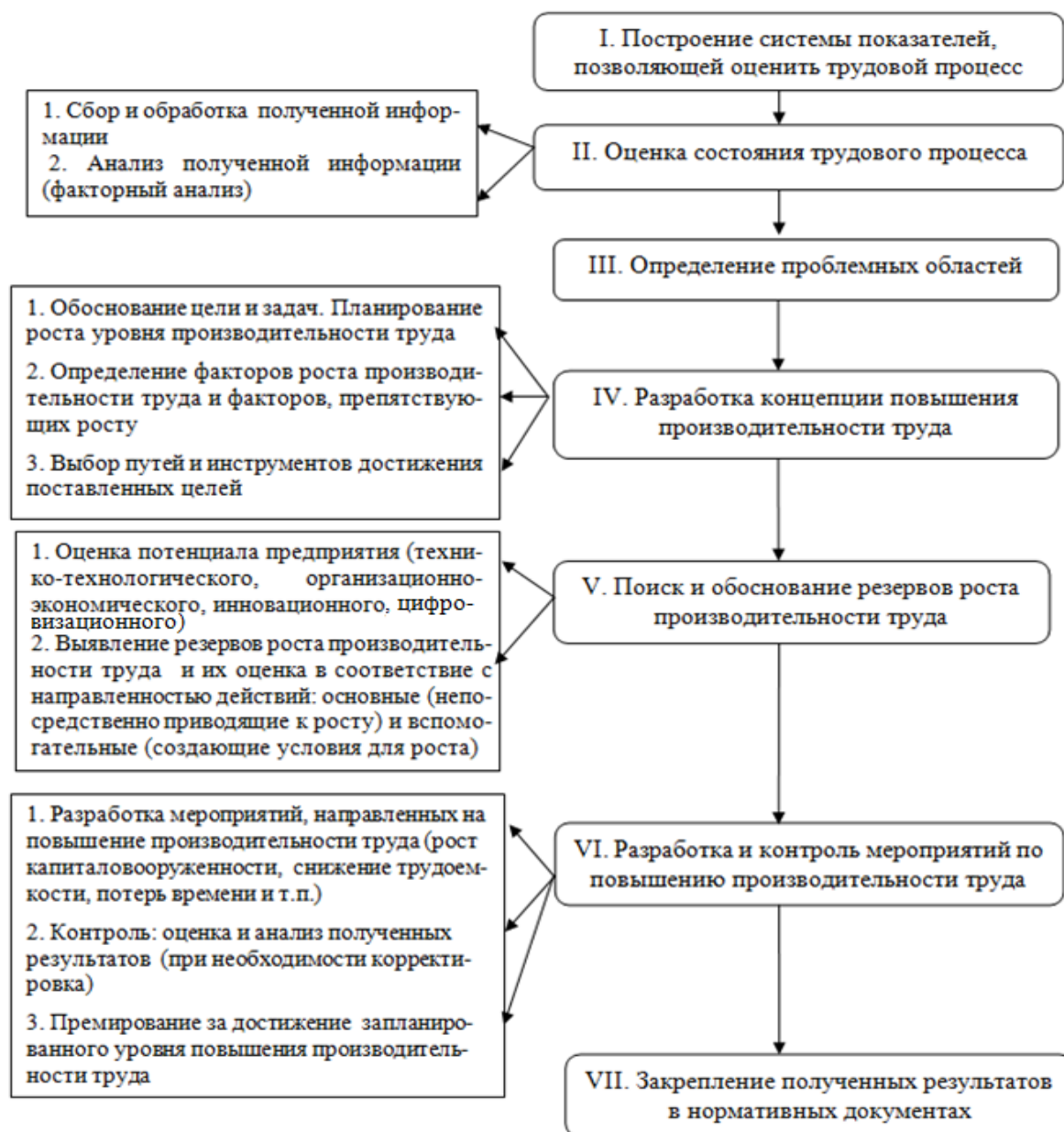


Рис. 2. Модель поиска резервов повышения производительности труда
Fig.2. Model of searching for increasing labor productivity reserves

Источник: [Балабанова, 2022].
Source: [Balabanova, 2022].

Первым из исследователей, выделившим внутрипроизводственные резервы из общей группы резервов, описавшим и систематизировавшим их, был Г.А. Пруденский. Систематизация внутренних резервов, согласно Г.А. Пруденскому, и современная общепринятая классификация приведены в табл. 2.

По нашему мнению, внутрипроизводственные резервы в соответствии с направленностью их действия дополнительно можно разделить на основные и вспомогательные. Если первые приводят к росту производительности труда через

техническую и организационную реорганизацию бизнес-процесса [Балабанова, 2022], то вторые создают условия для роста [Балабанова, 2022]. Активизация одной группы основных резервов требует весомых дополнительных затрат, обозначим эту группу как резервы, требующие дополнительных затрат. Вторая же группа менее затратна, поскольку их активизация не требует весомых дополнительных затрат (табл. 3). К вспомогательным резервам следует относить деловую среду, появление более производительного оборудования, расширение линейки товаров согласно меняющимся потребностям.

Таблица 2
Table 2

Классификация внутрипроизводственных резервов повышения производительности труда
Classification of intra-production reserves for increasing labor productivity

Классификационный признак	Виды резервов
1. Классификация по Г. А. Пруденскому	
Степень использования ресурсов	а) основные элементы процесса производства: резервы в области труда; резервы рационального использования средств производства; резервы рационального использования предметов труда; б) структура производственных фондов: резервы основных фондов, резервы оборотных фондов
Резервы экономии	а) резервы экономии живого труда; б) резервы экономии овеществленного труда
Сущность резервов	а) запасы, необходимые для непрерывного развития народного хозяйства и устранения диспропорций; б) неиспользованные в данный момент возможности совершенствования производства
Степень использования рабочего времени	а) резервы снижения трудоемкости: внедрение новой техники и освоение новой технологии, совершенствование имеющихся техники и технологий, организации производства, внедрение интенсивных методов производства; б) резервы фонда рабочего времени: сокращение непроизводительных затрат труда, потерь рабочего времени
2. Современная систематизация	
Природа резерва	а) природные ресурсы; б) материальные ресурсы; в) интеллектуальные ресурсы
Сроки мобилизации и реализации	а) текущие (краткосрочные); б) перспективные (долгосрочные)
Стадии жизненного цикла продукта	а) предпроизводственные; б) производственные; в) эксплуатационные; г) утилизационные
Функции управления	а) планирование; б) организация и управление; в) мотивация; г) контроль
По характеру воздействия	а) экстенсивные; б) интенсивные
Уровень управления	а) рабочее место; б) бригада (отдел); в) цех (подразделение); г) предприятие

Источник: Составлено авторами.
Source: Compiled by the authors.

Таблица 3
Table 3

Основные резервы роста производительности труда
Main reserves for labor productivity growth

Классификационный признак	Вид резерва
1. Резервы, требующие дополнительных затрат	
Технико-технологические	а) своевременная модернизация и обновление, автоматизация производственного процесса; б) максимальное использование технических параметров оборудования, повышение сменности его работы, своевременные профилактические работы; в) совершенствование технологии с учетом ресурсосбережения
Инновационные	а) внедрение нового продукта, расширение потребительских свойств изготавливаемого; б) разработка и внедрение процессных и маркетинговых инноваций
Цифровизационные	использование возможностей цифровых платформ: а) оптимизация процесса организации и управления производством; оперативный сбор, анализ и передача информации по всей технологической цепочке; б) отход от традиционной модели продаж и общения с клиентом; в) трансформация технико-экономических параметров производимой продукции в соответствии с изменением потребностей клиента
2. Резервы, не требующие дополнительных затрат	
Организационные	а) оптимизация кадрового состава, профессиональный подбор кадров; б) реорганизация процесса производства: материальная, техническая, кадровая подготовка производства, совершенствование работы вспомогательных служб; в) оптимизация организационной структуры, реорганизация системы управления посредством устранения избыточных уровней управления; г) совершенствование организации труда: внедрение передовых методов и приемов труда, технически обоснованных норм, современных систем оплаты труда, гибких форм организации труда, автоматизации учетных и вычислительных работ, расширение зоны обслуживания и совмещение профессий
Социальные	а) неиспользуемые компетенции персонала, повышение компетенций посредством повышения квалификации, дополнительного обучения, освоения смежных специальностей и т. п.; б) активизация потенциальных возможностей, творческого потенциала работников посредством материального и морального стимулирования; в) повышение степени удовлетворенности трудом: условия труда и отдыха, микроклимат в коллективе, улучшение культурного обслуживания

Источник: Составлено авторами по [Балабанова, 2022].
Source: Compiled by the authors from [Balabanova, 2022].

Одним из этапов процесса поиска резервов является оценка потенциала предприятия (рис. 2). Подробный анализ существующих методик оценки экономического потенциала предприятий, предложенных российскими исследователями, сделан Р.С. Ибрагимовой и Д.С. Головкиным [Ибрагимов, Головкин, 2016].

Методический подход к оценке резервов роста производительности труда, предложенный нами [Балабанова, 2022], основан на расчете трех интегральных коэффициентов оценки технико-технологического, организационно-экономического, инновационно-цифровизационного потенциалов предприятия. Расчетная величина каждого

интегрального коэффициента позволяет судить о наличии резервов соответствующей группы. В качестве граничного значения ($K=1,05$) принят целевой показатель прироста производительности труда, указанный в программном документе «Производительность труда и поддержка занятости», – 5 % [Паспорт национального проекта (программы) «Производительность труда и поддержка занятости»] (изменение целевого показателя роста производительности приведет к соответствующей корректировке граничного значения). Шкала оценки интегрального коэффициента до 2024 г. включительно приведена в табл. 4.

Таблица 4
Table 4

Шкала оценки интегрального коэффициента потенциала предприятия
Integral coefficient rating scale of enterprise potential

Значение комплексного показателя (K)	Уровень производительности труда	Характеристика анализируемой группы факторов
$K < 1$	ниже критического	Не обеспечивает рост, приносит убытки, необходимы срочные меры по изменению ситуации, поиск резервов
$K = 1$	критический	Сдерживает рост, необходимы меры по изменению ситуации, поиск резервов
$1 < K < 1,03$	низкий	Анализируемая группа факторов обеспечивает рост, но не все резервы роста исчерпаны, есть возможности для улучшения
$1,03 < K < 1,05$	средний	
$K = 1,05$	целевой	Обеспечивает планируемый рост, следует продолжить поиск новых резервов
$K > 1,05$	высокий	

Источник: Составлено авторами по [Балабанова, 2022].
Source: Compiled by the authors from [Balabanova, 2022].

В условиях современных реалий акцент поиска резервов смещен в сторону цифровизации, которая «открыла новые возможности для сотрудничества на всех этапах инновационного процесса» [Уринсон, Панфилов, 2020], поскольку внедрение цифровых технологий в существующий бизнес-процесс приводит к технико-технологическим и организационно-экономическим изменениям, дает импульс инновационному развитию, в частности, технологическим инновациям и «инновационной составляющей человеческого потенциала» [Янченко, 2020] (владение следующими инновационными компетенциями: знание и умение работать с ИК-технологиями, использование цифрового пространства не только для решения производственных задач), что в долгосрочной перспективе приведет к росту добавленной стоимости, росту производительности всех факторов. Так, по оценкам экспертной группы Глобального института McKinsey, рост многофакторной операционной производительности за счет цифровой трансформации компаний к 2025 г. составит 1,6–4,6 трлн руб. в год [Цифровая Россия: новая реальность]. Следует отметить, что данные изменения возможны, если подготовлена материально-техническая база для изменений, создана цифровая экосистема повышения производительности труда.

Как показал анализ литературы, развитие цифровой экосистемы как одного из инструментов управления производительностью труда, применительно к промышленным предприятиям, идет по следующим направлениям:

- информационное: оперативный мониторинг и анализ бизнес-процессов и обеспечение необходимой информацией (включая методическую, научную и т. п.) для корректировки или разработки новой концепции в отношении повышения производительности труда (методической, научной и т. п.);
- кадровое: обучение, направленное на развитие компетенций работников;

- технологическое: выбор цифровых технологий для внедрения в процесс производства (в целом или в ряд переделов) и сбыта продукции, что позволит сократить технологический цикл за счет экономии времени перехода от одного передела к другому (а в ряде случаев ликвидировать излишние переделы и подпроцессы), более эффективно использовать высвободившиеся ресурсы и т. п.

Для выявления неиспользованных возможностей цифровизационных и инновационных резервов нами предлагается коэффициент оценки влияния инновационных, цифровизационных факторов на рост производительности труда ($K_{ин}$), рассчитываемый на основе восьми локальных коэффициентов [Балабанова, 2022]. Представляется, что можно расширить показатели, позволяющие оценить степень цифровизационной подготовленности предприятий и отраслей. Данная группа показателей за период 2017–2021 гг. представлена в табл. 5.

Таблица 5
Table 5

Показатели оценки уровня инновационного и цифровизационного развития
обрабатывающей промышленности
Indicators for assessing the level of innovation and digitalization development
of the manufacturing industry

Показатели	Годы				
	2017	2018	2019	2020	2021
1. Объем инновационной продукции в общем объеме отгруженной, %	5,6	7,7	7,7	8,5	7,1
2. Степень освоения технологических инноваций, %	13,7	27,9	28,0	29,2	28,2
3. Доля внутренних затрат на инновации, %	1,9	1,7	1,9	2,4	2,0
4. Доля предприятий, имеющих научно-исследовательские центры, проектно-конструкторские бюро, %	11,66	11,6	13,7	13,7	13,9
5. Численность работников, занятых научными исследованиями и разработками в общей численности, %.	21,3	21,2	28,8	30,3	29,3
6. Доля сотрудников, связанных с использованием ИКТ:					
специалисты ИКТ, %	-	2,6	2,6	2,7	2,7
другие сотрудники, использующие ИКТ, %	-	5,7	5,7	6,2	5,9
7. Доля внутренних затрат на создание, распространение, использование ИКТ и цифрового продукта, %	-	-	7,2	8,2	8,7
8. Доля предприятий, использующих цифровые технологии:					
облачные сервисы, %	25,7	26,2	27,6	27,1	28,9
технологии сбора, обработки и анализа данных (BigData), %	-	-	-	26,5	29,9
цифровые платформы, %	-	-	-	16,0	14,5
интернет вещей, %	-	-	-	15,8	17,6
RFID-технологии, %	10,7	11,4	12,0	16,5	19,3
цифровой двойник, %	-	-	-	3,3	3,8
технологии искусственного интеллекта, %	-	-	-	3,6	3,9
промышленные роботы/ автоматизированные линии, %	-	-	-	17,2	19,0
9. Доля предприятий, использующих программные средства в целях:					
решения организационных, экономических, управленческих задач, %	66,4	64,0	64,9	-	-

Окончание табл. 5
 End of the table 5

Показатели	Годы				
	2017	2018	2019	2020	2021
управления автоматизированным производством, отдельными техническими средствами, технологическими процессами, %	45,0	42,5	43,5	-	22,2
документооборота, %	67,7	67,4	70,3	50,7	59,7
финансовых расчетов, %	69,3	66,6	67,7	42,4	49,2
доступа к базам данных, %	28,9	-	28,8	12,0	19,3
использования обучающих программ, %	16,8	16,3	16,2	11,7	15,7
проектирования, %	35,0	33,4	34,2	-	28,9
научных исследований, %	6,5	6,3	6,4	-	5,9
10. Доля предприятий, имеющих доступ и использующих и широкополосный интернет, %					
в том числе в целях:	91,6	90,3	90,4	71,9	79,3
передачи информации по электронной почте, %	92,0	90,3	91,4	79,9	82,3
поиска информации, %	92,0	90,2	91,0	79,5	82,0
банковских, финансовых операций, %	78,4	77,2	78,8	66,7	70,9
профессиональной подготовки персонала, %	45,9	44,7	47,1	48,3	56,3
использования видеоконференций, %	46,7	47,3	50,8	51,9	56,3
доступа к электронным базам данных, %	41,2	40,9	43,4	42,1	45,9
найма персонала, %	50,6	50,1	52,9	37,5	39,9
закупки и продажи товаров и услуг, %	39,6	49,0	42,2	40,2	40,1

Источник: Составлено авторами по [Индикаторы цифровой экономики, 2022; Цифровая экономика, 2023].

Source: Compiled by the authors from [Digital Economy Indicators in the Russian Federation, 2022; Digital Economy: 2023].

Данный методический подход, на наш взгляд, позволяет оценить степень происходящих изменений, влияние инновационных и цифровизационных составляющих на рост производительности труда.

Коэффициент оценки влияния инновационного и цифровизационного потенциала на рост производительности труда ($K_{ИЦ}$) рассчитывается как среднее геометрическое десяти локальных коэффициентов:

$$K_{ИЦ} = \sqrt[10]{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot k_8 \cdot k_9 \cdot k_{10}},$$

где k_1 – коэффициент изменения объема инновационной продукции; k_2 – коэффициент изменения степени освоения технологических инноваций; k_3 – коэффициент изменения внутренних затрат на инновации; k_4 – коэффициент изменения доли предприятий, имеющих научно-исследовательские центры, проектно-конструкторские бюро; k_5 – коэффициент изменения количества работников, занятых научными исследованиями и разработками; k_6 – коэффициент изменения числа сотрудников, связанных с ИКТ; k_7 – коэффициент изменения внутренних затрат на создание, распространение и использование ИКТ и цифрового продукта; k_8 – коэффициент изменения использования цифровых технологий (рассчитывается как среднее геометрическое восьми показателей, приведенных в табл. 5); k_9 – коэффициент изменения использования программных средств (рассчитывается как среднее геометрическое восьми показателей, приведенных в табл. 2); k_{10} – коэффициент изменения использования широкополосного интернета.

Результаты оценки изменения инновационно-цифровизационного потенциала промышленности представлены в табл. 6.

Таблица 6
Table 6

Коэффициенты оценки изменения инновационно-цифровизационного потенциала обрабатывающей промышленности, 2018–2021 гг.
Coefficients for assessing changes in innovation and digitalization potential manufacturing industry, 2018–2021.

Год	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9	k_{10}	$K_{инц}$
2018	1,02	1,12	0,98	0,99	0,99	-	-	1,01	1,00	0,99	1,01
2019	1,00	1,00	1,001	1,02	1,06	1,00	-	1,01	1,00	1,00	1,001
2020	1,01	1,01	1,005	1,0	1,01	1,005	1,01	0,96	0,96	0,90	0,987
2021	0,98	0,99	0,99	1,001	0,99	0,997	1,06	1,04	0,99	1,04	1,007

Результаты оценки изменения производительности труда в обрабатывающей промышленности представлены в табл. 7.

Таблица 7
Table 7

Динамика показателей, позволяющих оценить степень изменения производительности труда в обрабатывающей промышленности, 2018–2021 гг.
Dynamics of indicators that allow assessment the degree of change in labor productivity in the manufacturing industry, 2018–2021.

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
ВВП по добавленной стоимости, млрд руб. (в ценах 2016 г.)	10871,0	11182,7	11198,5	11867,9
Количество отработанных человеко-часов, млн чел. ч.	18931,2	18799,3	18070,6	18665,3
Производительность труда (ВВП по добавленной стоимости на 1 человеко-час), руб./ чел. ч.	574, 23	594,85	619,71	635,83
Коэффициент роста производительности труда	1,05	1,03	1,04	1,02

Источник: Составлено авторами по [Валовая добавленная стоимость в основных ценах в соответствии с методологией СНС 2008; Количество фактически отработанного времени на всех видах работ по производству товаров и услуг (в среднем за год) с 2017 г.].

Source: Compiled by the authors from [Gross value added in basic prices in accordance with the SNA 2008 methodology; The amount of time actually worked on all types of work for the production of goods and services (on average per year) since 2017].

Как свидетельствуют данные, приведенные в табл. 5 и табл. 7, наблюдается корреляционная зависимость между показателями уровня инновационной и цифровизационной составляющих в обрабатывающей промышленности и ростом производительности труда. Однако большинство локальных коэффициентов (табл. 3) продемонстрировало снижение, исключение составили лишь коэффициенты использования Интернета и цифровых технологий. Интегральный коэффициент за рассматриваемый период преодолел критическое значение, но не достиг порогового значения, помимо этого имело место трендовое снижение коэффициента роста производительности труда.

Низкий уровень локальных и интегрального коэффициентов оценки изменения инновационно-цифровизационного потенциала обрабатывающей промышленности, снижение коэффициента роста производительности труда указывают на то, что не все инновационные и цифровизационные резервы роста производительности труда в отрасли исчерпаны.

Для выбора и последующей активизации соответствующего резерва повышения производительности труда, на наш взгляд, целесообразно определять, к какой группе по уровню цифровизации бизнес-процесса относится анализируемое предприятие.

По уровню цифровизации предприятия обрабатывающей промышленности условно можно разделить на четыре группы:

- первая группа: предприятия, находящиеся на начальной стадии цифровизации. Они в основном используют электронный документооборот, программные средства и Интернет для финансовых и банковских операций. Этим предприятиям в целях повышения производительности труда целесообразно использовать веб-сайты, CRM-системы, позволяющие работать с клиентами, изучать потенциального покупателя, автоматизировать рутинные операции, осуществлять сбор и анализ данных;

- вторая группа: предприятия среднего уровня цифровизации. У этих предприятий производственный процесс цифровизирован, искусственный интеллект позволяет в режиме реального времени управлять технологическим процессом с последующей коррекцией в случае отклонений от заданных параметров, осуществлять предиктивное обслуживание, т. е. в режиме реального времени осуществлять постоянный мониторинг оборудования и прогнозировать сбои. В целях повышения производительности труда можно использовать ERP-систему, позволяющую автоматизировать, оптимизировать и управлять бизнес-процессами, обрабатывать большие объемы информации и связывать работу структурных подразделений в целях централизации информации, в итоге имеет место экономия времени и снижение трудозатрат;

- третья группа: предприятия выше среднего уровня цифровизации. Это группа предприятий, у которых бизнес-процесс оцифрован полностью (включая вспомогательные переделы) в целях устранения переделов, не создающих ценность, и оптимизации затрат, а использование искусственного интеллекта позволяет, помимо предиктивного обслуживания, удаленно устранять неполадки, осуществлять контроль качества посредством компьютерного зрения, прогнозировать спрос в целях снижения рисков и роста эффективности поставок, оптимизировать процессы, происходящие на складах и т. п. Этим предприятиям в целях повышения производительности труда следует наращивать использование цифровых технологий;

- четвертая группа: предприятия высокого уровня цифровизации. Эти предприятия, помимо описанных выше цифровых продуктов и технологий, используют технологии цифровых двойников или «умные модели», позволяющие осуществлять предиктивный анализ, т. е., проанализировав данные за время жизненного цикла физического продукта или процесса в настоящем и прошлом, моделировать различные ситуации протекания бизнес-процесса и выделять (планировать) наиболее эффективный.

Заключение

В настоящее время цифровые технологии рассматривают как один из основных резервов повышения производительности труда, о чем свидетельствует возросший объем инвестиций в цифровизационные продукты и технологии. Безусловно, выбранная модель цифрового развития предприятия будет определяться особенностью отрасли, позицией предприятия в отрасли и степенью его инновационной активности, но выбор любой из моделей повышает степень конкурентоспособности предприятия, поскольку в результате сокращаются затраты, доля ручного и рутинного труда, трудоемкость, процент брака, а повышаются степень эксплуатационности оборудования, доля нематериальных активов (информационный капитал, инновационные и цифровизационные технологии, программное обеспечение), инновационная активность, эффективность и качество управления и т. п.

Список источников

- Валовая добавленная стоимость в основных ценах в соответствии с методологией СНС 2008. Режим доступа: URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/58250>. (дата обращения: 22 ноября 2023).
- Гастев, А.К. 1973. Трудовые установки. М.: Экономика, 343 с. Режим доступа: URL: <https://pma.knigogid.ru/books/468960-trudovye-ustanovki/toread/page-150> (дата обращения: 15 ноября 2023).
- Индикаторы цифровой экономики: 2022: статистический сборник. Режим доступа: URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/780810055.pdf>. (дата обращения: 16 ноября 2023).
- Количество фактически отработанного времени на всех видах работ по производству товаров и услуг (в среднем за год) с 2017 г. Режим доступа: URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/58993?ysclid=lnfyjspstt858876396>. (дата обращения: 22 ноября 2023).
- Лукас Р.Э. 2013. Лекции по экономическому росту. М.: Изд-во Института Гайдара, 288 с.
- Мескон М.Х. 1993. Основы менеджмента. М.: Дело, 704 с.
- Паспорт национального проекта (программы) «Производительность труда и поддержка занятости» (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам) (протокол от 24 декабря 2018 г. N 16). Режим доступа: URL: <https://base.garant.ru/72185994/> (дата обращения: 16.11.2023).
- Пруденский Г.А. 1972. Проблемы рабочего и нерабочего времени. М.: Изд-во «Наука», 335 с.
- Тейлор, Ф.У. 1991. Принципы научного менеджмента. М.: Контроллинг, 104 с.
- Хайем А. 17 способов повысить мотивацию персонала. Режим доступа: URL: <https://www.elitarium.ru/motivacija-sotrudnikov-stimulirovanie-personala-kontrol-cel-proizvoditelnost/?ysclid=lmszhw55x8261509971> (дата обращения: 12 ноября 2023).
- Цифровая Россия: новая реальность. Режим доступа: URL: <https://www.mckinsey.com/ru/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/russia/our%20insights/digital%20russia/digital-russia-report.pdf> (дата обращения: 12 ноября 2023).
- Цифровая экономика: 2023: краткий статистический сборник. Режим доступа: URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/802513326.pdf>. (дата обращения: 19 ноября 2023).
- Эмерсон Г. 1992. Двенадцать принципов производительности. М.: Экономика, 224 с. Режим доступа: URL: <https://pqm-online.com/assets/files/lib/books/emerson.pdf> (дата обращения: 19 ноября 2023).

Список литературы

- Балабанова Г.Г. 2022. Производительность труда промышленного предприятия: Дис. ... канд. экон. наук. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 230 с.
- Войтова В.Н., Замлея А.Т. 2013. Методы и модели управления производительностью труда: анализ мирового опыта. Российское предпринимательство, 4 (226): 80–87.
- Ибрагимова Р.С., Головкин Д.С. 2016. Методическое обоснование оценки экономического потенциала предприятия. Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение, 3 (47): 64–74.
- Кучина Е.В. 2015. Управление производительностью труда промышленных компаний. Известия УрГЭУ, 5(61): 50–57. Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-proizvoditelnostyu-truda-promyshlennyh-kompaniy/viewer> (дата обращения: 23 ноября 2023).
- Маркова Ю.Н. 2011. Совершенствование системой управления производительностью труда на машиностроительном предприятии: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. Екатеринбург, 27 с. Режим доступа: URL: <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/19540/1/urfu1058s.pdf?ysclid=lmmbzxd746493791851>. (дата обращения: 12 ноября 2023).
- Тебиев Б. К., Авдеев А.А. 2012. Экономический рост и образование. Экономический журнал, 3(27): 149–155.
- Уринсон Я.М., Панфилов К.С. 2020. Цифровизация как фактор развития инновационных стратегий на примере некоторых стран. Бизнес. Общество. Власть, 36-37: 117–25.
- Янченко Е.В. 2020. Влияние цифровой экономики на инновационное развитие человеческого потенциала российского общества: возможности и ограничения. Вопросы инновационной экономики, Том 10, 2: 849–866.
- Mincer J. 1958. Investment in Human Capital and Personal Income. Journal of Political Economy, Vol. 66, 4: 281–302. Режим доступа: URL:

<https://web.archive.org/web/20190126221201/https://karollgomez.files.wordpress.com/2014/10/mincer1958.pdf> (дата обращения: 19 ноября 2023).

References

- Balabanova G.G. 2022. Labor productivity management of an industrial enterprise. Dissertation of Ph.D. Belgorod, Publ. BSTU named after V.G. Shukhov, 230 (in Russian)
- Voitova V.N. and Zamlelaya A.T. 2013. Methods and models of labor productivity management: analysis of world experience. Russian Entrepreneurship, Vol. 4 (226): 80–87 (in Russian)
- Ibragimova R.S. and Golovkin D.S. 2016. Methodological justification for assessing the economic potential of an enterprise. Modern science-intensive technologies. Regional application, Vol. 3 (47): 64–74 (in Russian)
- Kuchina E.V. 2015. Labor productivity management of industrial companies. Izvestia of USUE, Vol. 5(61): 50–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-proizvoditelnostyu-truda-promyshlennyh-kompaniy/viewer> (in Russian)
- Markova Yu. N. 2011. Improving the labor productivity management system at a machine-building enterprise: Abstract of thesis. dis. ...cand. econ. Sci. Ekaterinburg 27 p. URL: <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/19540/1/urfu1058s.pdf?ysclid=lmmbzxd746493791851> (in Russian)
- Tebiev B.K. and Avdeev A.A. 2012. Economic growth and education. Economic journal, Vol. 3 (27): 149–155 (in Russian)
- Urinson Ya.M. and Panfilov K.S. 2020. Digitalization as a factor in the development of innovative strategies using the example of some countries. Business. Society. Power, Vol. 36-37: 117–125(in Russian)
- Yanchenko E.V. 2020. The influence of the digital economy on the innovative development of human potential of Russian society: opportunities and limitations. Issues of innovative economics, Vol. 10, 2: 849–866 (in Russian)
- Mincer J. 1958. Investment in Human Capital and Personal Income. Journal of Political Economy, Vol. 66, 4: 281–302. URL: <https://web.archive.org/web/20190126221201/https://karollgomez.files.wordpress.com/2014/10/mincer1958.pdf> (accessed 11/19/2023).

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 24.11.2023

Поступила после рецензирования 26.02.2024

Принята к публикации 29.02.2024

Received November 24, 2023

Revised February 26, 2024

Accepted February 29, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чижова Елена Николаевна, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой теории и методологии науки, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Балабанова Гульнара Гусейновна, кандидат экономических наук, доцент кафедры теории и методологии науки, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Elena N. Chizhova, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Theory and Methodology of Science, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation

Gulnara G. Balabanova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and Methodology of Science Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation

ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ FINANCES OF THE STATE AND ENTERPRISES

УДК 336.7, 368

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-121-131

Исследование интеграционного взаимодействия кредитно-финансовых институтов на финансовом рынке

Пашкова Е.Н.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет
308015, Россия, г. Белгород ул. Победы, 85
Email: epashkova@bsu.edu.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования интеграционного взаимодействия кредитно-финансовых институтов на финансовом рынке, а именно авторский подход к этапам развития интеграционных отношений между банками и участниками финансовых отношений. Определены частоты встречаемости исследуемых терминов («bancassurance», «financial supermarket», «assurfinance», «financial conglomerate») в английской, американской и отечественной научной и справочной литературе с помощью онлайн-сервиса Google Books Ngram Viewer, которая демонстрирует и доказывает интерес научного сообщества к этой теме. Проведен анализ сопоставления данных онлайн-сервиса и этапов развития интеграционных отношений. На основе изученной литературы автором определены предпосылки развития таких отношений.

Ключевые слова: интеграция, взаимодействие, объединение, банк, страховая компания, лизинговая компания, эффективность, конкурентоспособность

Для цитирования: Пашкова Е.Н. 2024. Исследование интеграционного взаимодействия кредитно-финансовых институтов на финансовом рынке. Экономика. Информатика, 51(1): 121–131. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-121-131

Study of Integration Interaction Between Credit and Financial Institutions in the Financial Market

Elena N. Pashkova

Belgorod State National Research University
85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia
Email: epashkova@bsu.edu.ru

Abstract The article presents the results of the integration interaction study of credit and financial institutions in the financial market. These results include the author's approach to the stages of development of integration relations between banks and participants in financial relations. The frequency of occurrence of the studied terms ("bancassurance", "financial supermarket", "assurfinance", "financial conglomerate") in English, American and Russian scientific and reference literature has been determined using the online service Google Books Ngram Viewer, which demonstrates and proves the interest of the scientific community to this topic. An analysis of the comparison of online service data and the stages of integration relations development has been carried out. Based on the literature studied, the author has identified the prerequisites for the development of such relations.

Key words: integration, interaction, association, bank, insurance company, leasing company, efficiency, competitiveness

For citation: Pashkova E.N. 2024. Study of Integration Interaction Between Credit and Financial Institutions in the Financial Market. Economics. Information technologies, 51(1): 121–131. DOI: 10.52575/2687-0932-2024-51-1-121-131

Введение

За последние десятилетия в мире произошло стремительное развитие процессов глобализации, способствующих усилению интеграции на финансовом рынке. Эти явления имеют значительное влияние на мировую экономику и финансовую систему. Экономические кризисы представляют новые вызовы для финансовых институтов. В условиях ограниченной ликвидности финансовые учреждения часто прибегают к стратегии выживания через интеграцию специализированных финансовых институтов в единую структуру. Участники финансового рынка активно увеличивают свои объемы путем использования общей сети продаж финансовых продуктов и тесного сотрудничества в области технологий, чтобы ускорить свое собственное развитие. На финансовом рынке наметилась тенденция интеграции банков со страховыми компаниями, банков с лизинговыми компаниями, а также страховых и лизинговых компаний, инвестиционных и пенсионных фондов и других учреждений.

Теоретической основой исследования послужили труды ведущих ученых в сфере банковского дела Е.Н. Поповой, Л.П. Кроливецкой [Попова, Кроливецкая, 2022], Х.З. Олейви, О.В. Вагановой, Н.С. Мельниковой, Н.И. Быкановой [Олейви, Ваганова, Мельникова, Быканова, 2021]. Интеграционные процессы взаимодействия банков и других финансово-кредитных институтов отражены в трудах О.Д. Аверченко [Аверченко, 2017], А.А. Котовой [Котова, 2012], Р.В. Ковтун [Ковтун, 2020], Е.В. Куклиной [Куклина, 2015], О.В. Вагановой [Ваганова, 2023]. Труды зарубежных ученых в сфере интеграционных отношений на финансовом рынке: K.I.Giyozovich, G.S. Vokhidovich [Giyozovich, Vokhidovich, 2023], Pacholarz W. M. [Pacholarz, 2021]

Несмотря на большое количество трудов, отражающих отечественный и зарубежный опыт, в исследуемой теме актуальным вопросом остается интеграция взаимодействия банков и финансово-кредитных институтов в современных условиях на пятом этапе развития. Именно этот вид отношений сейчас готов к новым вызовам на финансовом рынке и нуждается в разработке методических основ оценки эффективности этих отношений.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются процесс интеграционного взаимодействия банков и кредитно-финансовых институтов на финансовом рынке. Методологическую основу исследования составили общие методы и приемы теоретического познания: контент-анализ научной и справочной литературы, посвященной процессам интеграции банков и кредитно-финансовых институтов зарубежом и в России, с применением онлайн-сервиса Google Books Ngram Viewer, а также логико-структурный анализ и синтез.

Результаты и их обсуждение

Понимание процессов интеграции необходимо для выявления взаимосвязей и влияния изменений на различные секторы экономики, обеспечивая лучшее понимание воздействия на финансовый рынок, включая условия санкций и процессы глобализации. Идея «интеграции» возникла в начале 20-го века. Этот термин происходит от латинского слова «*integratio*» и означает целостность, структуру и совершенствование. Интеграция является сложным и многогранным процессом, имеет несколько значений в естественных и общественных науках. В словаре Ушакова интеграция – «объединение в целое каких-нибудь частей или элементов в процессе развития» отражает понимание в естественных науках [Ушаков, 1940]. Интеграция в области общественных отношений рассматривается

«как объединение людей (государства, предприятий) в социальную общность» [Ковтун, 2020]. Этот подход задал направление развития процесса интеграции в различных сферах социально-экономической деятельности общества. С течением времени процесс интеграции стал применяться в международном сотрудничестве в областях экономики, вооружения, деятельности международных организаций и других сферах [Куклина, 2015].

В процессе исследования был проведен контент-анализ научной и справочной литературы, посвященной процессам интеграции банков и кредитно-финансовых институтов зарубежом и в России, с применением онлайн-сервиса Google Books Ngram Viewer. С помощью этого онлайн-сервиса были проанализированы частоты упоминания в научной английской, американской и отечественной книжной и справочных изданиях понятий: банкострахование, финансовый конгломерат, финансовый супермаркет (bancassurance, financial supermarket, assurfinance, financial conglomerate) [Московкин, Сапрыкина, 2018; Moskovkin, Saprykina, Pupynina, Belenko, Shumakova, 2019]. Временной период исследования составил с 1980 по 2019 годы, поскольку данные за более поздний период на используемом онлайн-сервисе на момент проведения исследования не представлены. Результаты отражены на рисунках 1, 2, 3 [Google Books Ngram Viewer].

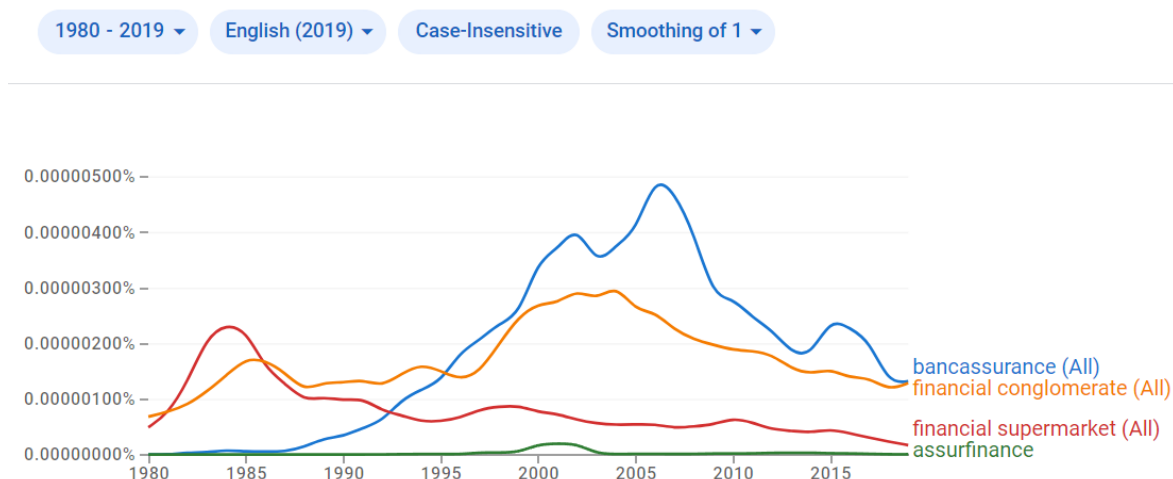


Рис.1. Частота встречаемости всех исследуемых терминов в английской научной и справочной литературе

Fig. 1. Frequency of occurrence of all studied terms in English scientific and reference literature

На рисунке 1 представлены результаты выборки частоты встречаемости терминов «bancassurance», «financial supermarket», «assurfinance», «financial conglomerate» в английской научной и справочной литературе. Линии тренда и пики на них отражают активность и степень научного интереса к интеграционным процессам, которые прошли несколько этапов развития (см. рис. 4). Действительно, первые взаимоотношения между финансово-кредитными институтами были установлены во Франции между банком и страховой компанией, и в этот период в 1970 году в англоязычной литературе появляется понятие «bancassurance». Отношения были закреплены в виде договора. В этот же период времени изучается научным обществом деятельность финансовых конгломератов и финансового супермаркета. В начале 2000-х банки чаще стали обращаться к страховым компаниям, чтобы минимизировать свои банковские риски. Таким образом, на рынке наступила третья стадия развития интеграционных отношений, когда банк страхует не только банковские риски, но риски своих клиентов. На рисунке 1 синим цветом отображен рост количества изданных книг в соответствующий временной период. Во время финансового кризиса в 2008 году банки стали чаще страховать свои риски и расширили их список. И в этот период банкострахование достигает своего пика развития, так как посредством интеграции происходят процессы слияния и поглощения – четвертая стадия развития этих отношений.

Необходимо отметить, что понятие «assurfinance» – взаимоотношения между страховой компанией (главная) и банком не получило развитие и это отображено на рисунке зеленым цветом. В отечественном научном сообществе на практике уже доказано, что модель интеграции взаимоотношений банка (главная) и страховой компании более эффективна [Аверченко, 2017].

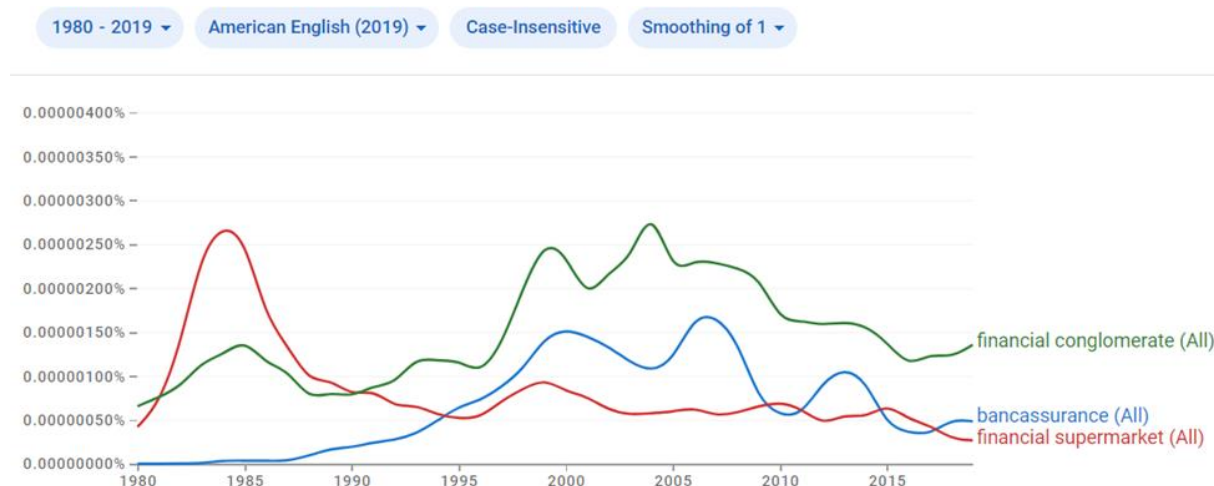


Рис. 2. Частота встречаемости всех исследуемых терминов в американской научной и справочной литературе

Fig. 2. Frequency of occurrence of all studied terms in American scientific and reference literature

На рисунке 2 линия тренда понятия «financial conglomerate» имеет наивысшее расположение. Деятельность финансовых конгломератов в Америке определена особенностью развития финансовых отношений на рынке. В США в структуре финансового конгломерата всегда присутствует банк (главный) или финансовая организация, занимающаяся ценными бумагами и страхования компания, и потом только другие финансовые учреждения. Банкострахование изучается и реализуется только как метод управления банковскими рисками и рисками его клиентов. Процесс создания финансового супермаркета в США выступает как маркетинговая стратегия продвижения интегрированных финансовых услуг.

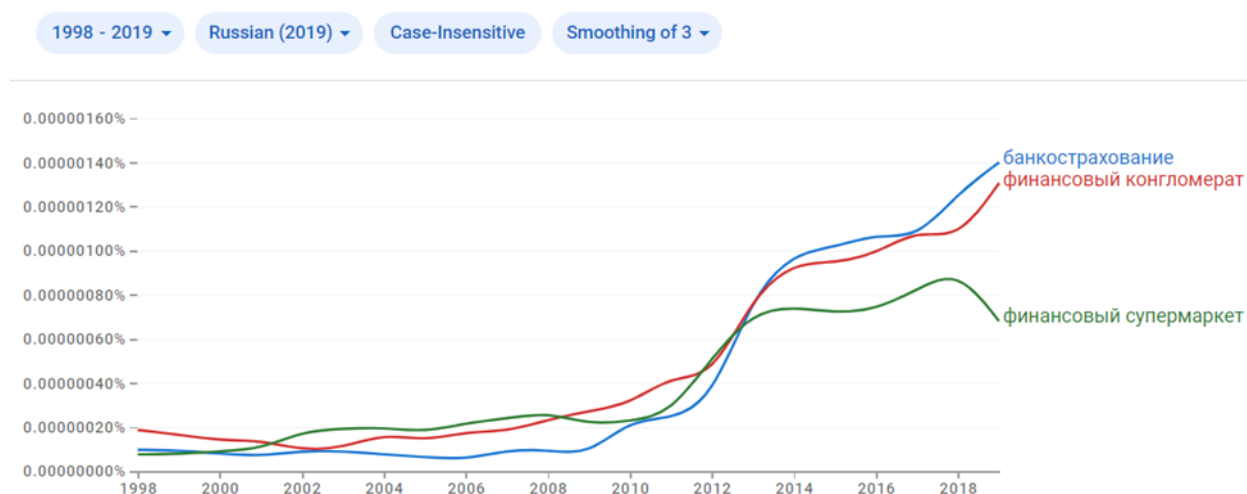


Рис. 3. Частота встречаемости всех исследуемых терминов в русскоязычной научной и справочной литературе

Fig. 3. Frequency of occurrence of all studied terms in Russian language scientific and reference literature

На отечественном финансовом рынке взаимоотношения между банками и страховыми компаниями прошли те же стадии развития, как и на зарубежном, но за более короткий срок. На практике демонстрируются четыре стадии развития, от агентских отношений, заключения договора до создания банком собственной страховой компании. Что касается пятой стадии развития – создания супермаркетов, то в России в чистом виде их нет. Сейчас наблюдаются интеграционные отношения банков не с одним, а с несколькими некредитными финансовыми участниками: лизинговые компании, пенсионные и инвестиционные фонды. Среди них более развиты отношения между банками и лизинговыми компаниями. В современных условиях эти отношения требуют дальнейшего изучения. В научном сообществе фиксируется большой интерес к процессу интеграции не только в России, но во всем мире. Это отражено на рисунке 3.

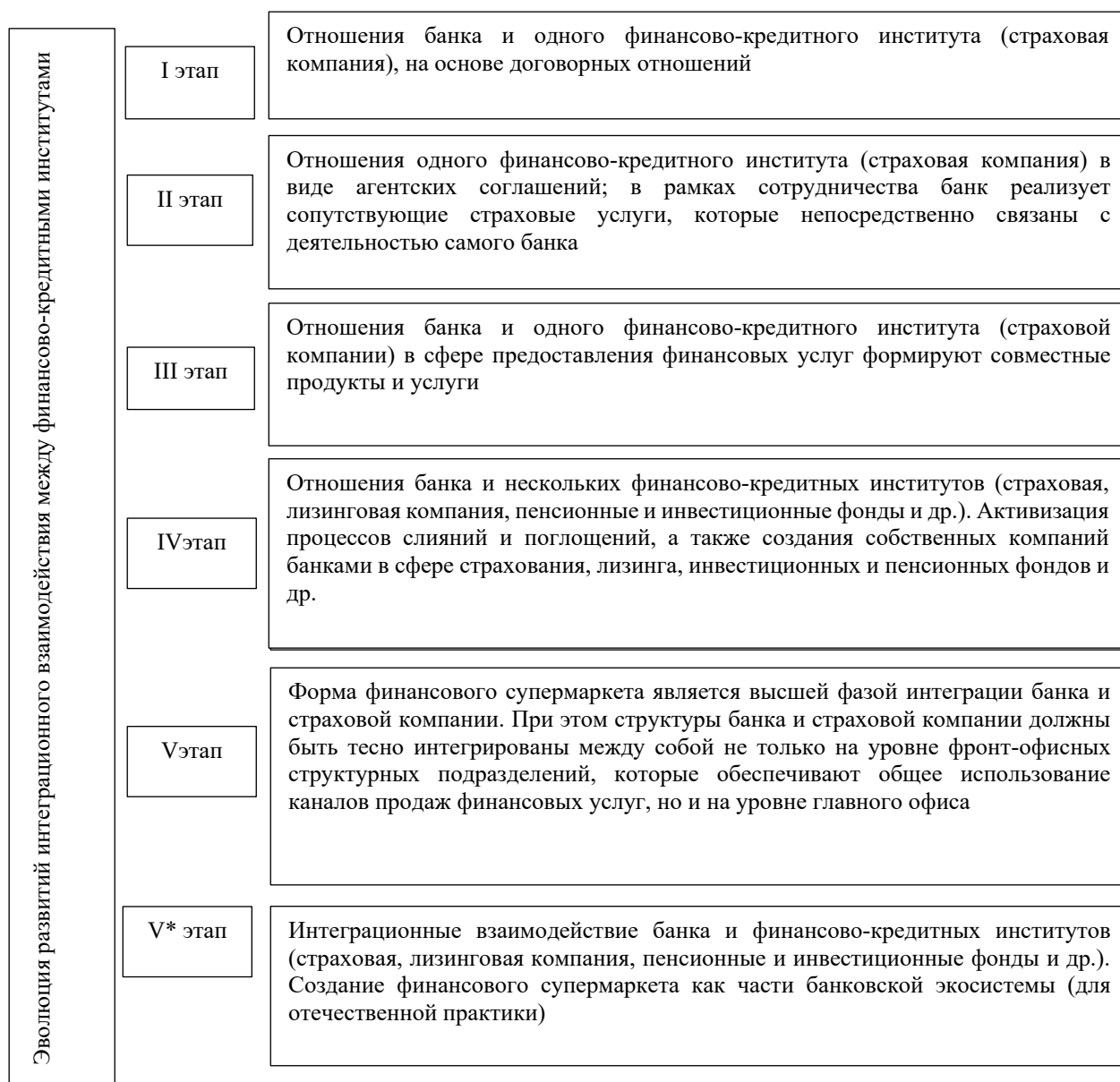


Рис. 4. Основные этапы развития интеграционного взаимодействия между финансово-кредитными институтами в зарубежной и отечественной практике
(составлено автором)

Fig. 4. The main stages of development of integration interaction between financial and credit institutions in foreign and domestic practice
(compiled by the author)

Интеграция финансово-кредитных организаций на финансовом рынке предполагает объединение их деятельности с целью создания более эффективной структуры, способствующей развитию и стабильности рынка. Это может включать в себя объединение банков, страховых и лизинговых компаний, инвестиционных фондов и других участников финансовых рынков для увеличения их финансовой устойчивости, расширения ассортимента предоставляемых услуг, снижения рисков и повышения конкурентоспособности. На рис. 4 представлены этапы развития этих отношений.

В зарубежной практике интеграция взаимоотношений банка и страховых компаний прошла все представленные выше стадии развития от стадии договора до создания финансового конгломерата с маркетинговой стратегией финансового супермаркета. На четвертой стадии интеграции банков и страховых компаний происходит более глубокая интеграция и синергия между ними, что улучшает предложение продуктов и услуг для клиентов. На пятой стадии развития создается финансовый конгломерат, который предлагает широкий спектр финансовых услуг и продуктов под одним брендом. Такой подход позволяет увеличить конкурентоспособность компаний и эффективность их деятельности.

Однако стоит отметить, что каждая страна имеет свои особенности и условия, которые влияют на развитие отношений между банками и страховыми компаниями. Исторический, культурный и правовой контекст каждой страны оказывает значительное влияние на характер и специфику интеграции в данной стране. Поэтому важно учитывать эти особенности при разработке и внедрении интеграционных стратегий и решений.

Проведенный анализ научных, аналитических работ, а также статей периодической печати позволил выделить предпосылки развития интеграционного взаимодействия между участниками финансового рынка, которые обусловлены различными факторами, включая следующие.

1. Глобализация рынка. Глобализация (от лат. *globus* — «шар») — это явление, которое объединяет все хозяйство мира в целое. Этот процесс затронул и финансовый рынок. В 1983 году экономист Т. Левитт ввел в научный оборот этот термин, понимая под глобализацией «процесс слияния рынков отдельных продуктов, производимых транснациональными корпорациями». Такие процессы, как промышленная революция, движение капитала через страны, появление финансовых центров, развитие фондовых бирж, интернетизация, цифровизация способствовали развитию мирового финансового рынка [Сараждинова, 2017]. Расширение глобальных рынков и увеличение международной торговли создали потребность в тесном сотрудничестве между финансовыми учреждениями для эффективного управления глобальными рисками и обеспечения ликвидности. Яркими примерами являются интеграционные взаимоотношения между банками, страховыми и лизинговыми компаниями. Взаимодействие банков и страховых компаний получило развитие за рубежом в Великобритании и Франции (1985 г.), следом в Германии и Италии (1987 г.), только потом в России (1992 г.).

Первая интеграция на отечественном финансовом рынке произошла в банковской и страховой сфере. Была создана промышленно-страховая компания, которая реализовывала комплексную программу банковского страхования. Далее процесс интеграции на отечественном финансовом рынке продолжал свое развитие. В 2000-х годах наблюдалось создание кэптивных форм страховых организаций, за счет слияния страхового и промышленного капитала, банковского, пенсионного, инвестиционного капитала и других финансово-кредитных институтов. Цель таких организаций — обслуживать корпоративные интересы компаний, защитить учредителей от части рисков, которые можно регулировать методом страхования. Примеры взаимодействия банка и страховой компании: в форме образования кэптивной страховой компании — Согаз, Энергогарант, Макс, ЖАСО, Согласие, ВСК, группа «АльфаСтрахование», ООО СК «Сбербанк Страхование» и др.; в области лизинга — ГК Альфа-Лизинг, АО «ВТБ Лизинг», АО «Сбербанк Лизинг», Группа «Газпромбанк Лизинг», «Райффайзен-Лизинг» и др.

2. Технологические инновации. Бурное развитие технологий стимулирует участников финансового рынка к интеграции для обмена передовыми технологиями, такими как блокчейн, искусственный интеллект и аналитика данных, с целью повышения эффективности и конкурентоспособности. Благодаря интеграции ИТ-технологий с банковскими, клиенты (физические и юридические лица) теперь могут оформлять страховые полисы онлайн, взять в лизинг оборудование, участвовать в программах накопления и сбережения денежных средств в любое удобное для них время, без необходимости посещать офисы страховых и лизинговых компаний, банков, пенсионных и инвестиционных фондов. Это значительно экономит время как клиентов, так и сотрудников банка. Также автоматизация процесса продажи финансовых продуктов позволяет увеличить объем продаж и повысить эффективность работы банковского персонала. Система может подбирать оптимальный финансовый продукт для каждого клиента, учитывая его потребности и финансовые возможности. В целом, интеграция ИТ-технологий с банковскими процессами в сфере страхования, лизинга, инвестиций и др. позволяет существенно повысить качество обслуживания клиентов, упростить процесс продажи страховых продуктов и улучшить оперативность расчетов и выплат компенсаций.

3. Регулирование и стандартизация. Ужесточение требований к финансовой отчетности, соблюдение нормативов и стандартов обеспечивают участникам рынка стимул к интеграции для совместного выполнения требований и минимизации рисков. Так, отношения банков и страховых компаний стали более регламентируемыми. Риски в банковской деятельности очень велики, и для их регулирования методом страхования необходимы страховщики с прочной финансовой устойчивостью. Процедура аккредитации страховщиков является важным этапом для обеспечения качественного интеграционного взаимодействия на финансовом рынке. В рамках этой процедуры страховщик должен пройти определенные проверки и предоставить необходимую документацию, чтобы доказать свою финансовую устойчивость, профессионализм и соответствие стандартам качества. Аккредитация позволяет страховщику зарегистрироваться как участнику рынка и получить право на осуществление страховой деятельности в банковском секторе. К другим участникам, таким как лизинговые, пенсионные и инвестиционные компании более жестких требований не предъявлено.

Процесс аккредитации обеспечивает доверие между участниками рынка, помогает защитить интересы клиентов и повысить прозрачность в отрасли. Таким образом, процедура аккредитации страховщиков способствует улучшению интеграционного взаимодействия, снижению рисков и повышению качества услуг, предоставляемых на страховом рынке. Этот процесс повышает прозрачность и снижает риски неоднозначного толкования правил, что создает благоприятные условия для развития долгосрочных отношений между участниками рынка и обеспечивает более стабильное функционирование системы.

4. Рост конкуренции. Увеличение конкуренции заставляет финансовые институты и компании искать пути сотрудничества для обеспечения более широкого доступа к ресурсам, клиентам и возможностям для инноваций. При интеграционном сотрудничестве финансово-кредитных институтов участники этих отношений ориентируются на потребности и интересы своих клиентов. Они стремятся предложить продукты и услуги, которые соответствуют потребностям клиентов, обеспечивают им удобство и удовлетворяют их ожидания. В этом случае клиентоориентированный подход включает в себя следующие принципы: понимание потребностей клиентов и рыночного спроса; адаптация продуктов и услуг под них; установление долгосрочных отношений с клиентами на основе доверия и взаимной выгоды; обеспечение качественного обслуживания клиентов, включая консультации, поддержку и решение проблем; инновации и постоянное развитие продуктов и услуг с учетом изменяющихся потребностей клиентов; прозрачность и честность в отношениях с клиентами, без скрытых платежей или недостоверной информации. Компании, следующие клиентоориентированному подходу, обычно имеют

высокую степень удовлетворенности клиентов, лояльность и повторные продажи, что способствует стремительному росту и развитию бизнеса на финансовом рынке.

5. Новые рыночные возможности. Интеграция может быть стимулирована появлением новых рыночных возможностей, таких как развитие новых финансовых инструментов, производных и инвестиционных продуктов, создание совместных интегрированных продуктов. Так, при взаимоотношениях банков и страховых компаний кредитные продукты сопровождаются страховыми: ипотечное страхование, инвестиционное и накопительное страхование жизни, страхование несчастных случаев, страхование пластиковых карт и др. При взаимоотношениях банка и лизинговых и страховых компаний – страхование залога лизинга, страхование оборудования и машин лизинга, с правом выбора страховой компании.

Нахождение новых каналов сбыта – одна из первостепенных задач участников. Банковский канал самый широкий, что формирует спрос на него и соответствующую цену. Премии за реализацию совместных продуктов у банков достигают 30–40 %. Несмотря на это, страховщики, лизинговые компании и другие участники взаимодействуют с банками не только для реализации своих и совместных интегрированных продуктов, но и для использования клиентской базы.

6. Борьба с финансовыми кризисами. Одним из направлений интеграционных отношений являются процессы слияния и поглощения на финансовом рынке. Эти отношения представляют собой объединение двух или более финансовых институтов, таких как банки, инвестиционные компании или страховые компании, путем приобретения одним из них другого или создания новой компании, в которой объединяются ресурсы, активы и операции исходных организаций. Под слиянием предполагается объединение компаний, где образуется единая экономическая единица из двух или более ранее существующих структур. Поглощение же – это взятие одной компанией другой под свой контроль, управление ею с приобретением абсолютного или частичного права собственности на нее. Этот процесс может происходить по различным причинам, например, для увеличения масштабов деятельности, расширения географического присутствия, диверсификации портфолио продуктов и услуг, сокращения издержек, а также это один из способов для решения финансовых трудностей одной из компаний во время финансового кризиса. Слияние и поглощение на финансовом рынке часто сопровождаются реорганизацией, изменениями в управлении компании, пересмотром стратегии развития, а также могут вызывать изменения в условиях предоставления услуг клиентам. Этот процесс является важным и распространенным инструментом для развития финансовых компаний и адаптации к изменяющимся условиям рынка. Примерами таких слияний и поглощений являются: Страховая группа «СОГАЗ», «АльфаСтрахование», Группа «Ренессанс Страхование», ПАО СК «Росгосстрах», Группа ВТБ и др, Группа AIG, Холдинг Finbridge и др.

7. Повышение эффективности операций. Интеграционное взаимодействие может быть вызвано стремлением участников рынка к оптимизации бизнес-процессов, снижению издержек и повышению операционной эффективности. Это может быть достигнуто путем объединения ресурсов, технологий и знаний различных участников, что позволяет им совместно решать бизнес-задачи и достигать общих целей. Интеграция также способствует улучшению взаимодействия между участниками рынка, упрощает процессы совместной работы и повышает уровень сервиса для конечных потребителей, способствует развитию конкурентных преимуществ компаний и улучшению качества продукции и услуг.

Эти предпосылки подчеркивают важность сотрудничества и взаимодействия в современной динамичной финансовой среде, где условия рынка постоянно меняются, а требования к устойчивости и конкурентоспособности становятся все более сложными. Однако при интеграции финансово-кредитных организаций необходимо учитывать и рассматривать ряд факторов, таких как регулирование и нормативное обеспечение, защита прав потребителей, конкуренция и диверсификация рисков, чтобы обеспечить устойчивое

и эффективное функционирование финансовой системы. Интеграционное взаимодействие между участниками финансового рынка также обусловлено стремлением к улучшению ликвидности и увеличению эффективности торговых операций. Совместные усилия при поддержке интеграции могут уменьшить временные задержки в проведении сделок, что особенно важно в условиях быстро меняющейся рыночной конъюнктуры.

Заключение

Интеграция позволяет участникам финансового рынка расширить свой доступ к различным финансовым инструментам, услугам и ресурсам, что способствует разнообразию инвестиций и улучшению финансового портфеля. Объединение усилий позволяет участникам снизить определенные риски, связанные с изменениями рыночных условий, валютными колебаниями и другими факторами. Это происходит за счет диверсификации портфеля и обмена информацией. Интеграционное взаимодействие позволяет также снизить издержки и эффективнее использовать ресурсы благодаря общему доступу к информации, технологическим ресурсам и инфраструктуре. Участники финансового рынка, объединяясь, могут создавать более конкурентоспособные продукты и услуги, что способствует привлечению клиентов и укреплению своего положения на рынке, а также согласовывать и стандартизировать процессы, что улучшает прозрачность, снижает сложности и повышает эффективность операций на финансовом рынке. Обмен знаниями и опытом между участниками может стимулировать инновационные подходы и технологические разработки в сфере финансовых услуг.

Таким образом, интеграционное взаимодействие между участниками финансового рынка не только способствует укреплению их позиций, но и создает благоприятные условия для адаптации к изменяющимся требованиям рынка, обеспечивая его устойчивость и эффективность. Интеграция финансово-кредитных организаций также может способствовать повышению доступности финансовых услуг для потребителей и предпринимателей, улучшению условий кредитования и инвестирования, а также увеличению прозрачности и надежности финансовой системы в целом.

Список источников

- Попова Е.Н., Кроливецкая Л.П. 2022. Финансовые рынки и финансово кредитные институты: Учебное пособие : Учебное пособие. 2 е издание, доп. и перераб. Издательский дом Питер., 352 с.
- Словарь Ушакова Д.Н. 1940. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ushakov/858798> (дата доступа 1.12.2019). 1935.
- Солдатенкова И. 2024. Глобализация. Официальный сайт Банки.ру [Электронный режим] <https://www.banki.ru/wikibank/globalizatsiya/?ysclid=ltcq2tumv465218566>
- Google Books Ngram Viewer [Электронный ресурс]. URL: <https://books.google.com/ngrams/>

Список литературы

- Аверченко О.Д. 2017. Развитие механизма интеграционного взаимодействия банков и страховых компаний в Российской Федерации: дис. – диссертация кандидата экономических наук. Москва, 164 с.
- Богданова А.Г., Пашкова Е.Н. 2023 Механизм страхования лизинговой деятельности в России. Вектор экономики, 5 (83), 58.
- Котова А.А. 2012. Интеграция финансового рынка России в мировую финансовую систему: проблемы, анализ, условия и тенденции. Финансы и кредит, 44 (524): 47–62.
- Ковтун Р.В. 2020. Современные подходы к определению экономической интеграции. Московский экономический журнал, 11: 207–219.
- Куклина Е.В. 2015. Интеграционные процессы в финансовом секторе в условиях экономического кризиса. Устойчивое развитие российских регионов: экономическая политика в условиях внешних и внутренних шоков. Екатеринбург, 313–316.

- Московкин В.М., Сапрыкина Т.В. 2018. Об эволюции терминов, обозначающих дистанционное обучение, с помощью сервиса Google Books Ngram Viewer. Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы, 6: 15–20.
- Олейви Х.З., Ваганова О.В., Мельникова Н.С., Быканова Н.И. 2021. Проблемы и перспективы развития системы страхования банковских рисков. Финансовый бизнес, 8 (218): 61–66.
- Пашкова Е.Н., Ваганова О.В. 2023. Интеграционное взаимодействие банка, страховых и лизинговых компаний на финансовом рынке. Научный результат. Экономические исследования, 9(3): 149–158.
- Пашкова Е.Н., Коньшина Л.А. 2018. Тенденции банкострахования в условиях нестабильной экономики. Вектор экономики, 3 (21), 41.
- Сараждинова Д. К. 2017. История глобализации мирового финансового рынка. Традиции и новации в гуманитарном и социально экономическом исследовании. Екатеринбург, 194–196.
- Сорока Т.А. 2019. Модели и особенности взаимодействия страховых организаций и банков. Современное состояние и перспективы развития национальной финансово-кредитной системы, 137–140.
- Цыганов А.А., Масленников С. В., 2020. Особенности регулирования страховой деятельности в практике банкострахования в Европейском союзе. Банковское право, 6: 44–57.
- Giyozovich K.I., Vokhidovich G.S. 2023. Improving the integration of insurance companies and commercial banks. American Journal of Interdisciplinary Research and Development, 22, 7–13.
- Moskovkin V.M., Saprykina T.V., Pupynina E.V., Belenko V.A., Shumakova I.A. 2019. Examination of trends in education with the Google Books Ngram Viewer. International Journal of Engineering and Advanced Technology, Special Issue 2, 8(6):1083-1090.
- Pacholarz W. M. 2021. Evolution of the bancassurance concept: banking and insurance associations. Business and Public Administration Studies, 15(1): 9–16.

References

- Averchenko O.D. 2017 Razvitie mekhanizma integracionnogo vzaimodejstviya bankov i strahovyh kompanij v Rossijskoj Federacii dis dissertaciya kandidata ehkonomicheskikh nauk Moskva, 164 p.
- Bogdanova A.G., Pashkova E.N. 2023 Insurance mechanism for leasing activities in Russia. Economy vector, 5(83), 58. (in Russian)
- Kotova A.A. 2012. Integration of the Russian financial market into the global financial system: problems, analysis, conditions and trends. Finance and Credit, 44 (524): 47–62. (in Russian)
- Kovtun R.V. 2020. Modern approaches to defining economic integration. Moscow Economic Journal, 11: 207–219. (in Russian)
- Kuklina E.V. 2015. Integration processes in the financial sector during the economic crisis. Sustainable development of Russian regions: economic policy in conditions of external and internal shocks. Ekaterinburg, 313–316. (in Russian)
- Moskovkin V.M., Saprykina T.V. 2018. On the evolution of terms for distance learning using the Google Books Ngram Viewer service. Scientific and technical information. Series 2: Information Processes and Systems, 6: 15–20. (in Russian)
- Olejvi H.Z., Vaganova O.V., Mel'nikova N.S., Bykanova N.I. N.I. 2021. Problems and prospects for the development of the banking risk insurance system. Financial Business, 8 (218): 61–66. (in Russian)
- Pashkova E.N., Vaganova O.V. 2023. Integration interaction of the bank, insurance and leasing companies in the financial market. Scientific result. Economic Research, Vol. 9. 3: 149–158. (in Russian)
- Pashkova E.N., Kon'shina L.A. 2018. Bank insurance trends in an unstable economy. Vector of Economics, 3 (21): 41. (in Russian)
- Sarazhdinova D.K. 2017. History of globalization of the world financial market. Traditions and innovations in humanitarian and socio-economic research. Ekaterinburg, 194–196. (in Russian)
- Soroka T.A. 2019. Models and features of interaction between insurance organizations and banks. Current state and prospects for the development of the national financial and credit system, 137–140. (in Russian)
- Cyganov A.A., Maslennikov S.V. 2020. Features of regulation of insurance activities in the practice of bancassurance in the European Union. Banking Law, 6: 44–57. (in Russian)
- Giyozovich K.I., Vokhidovich G.S. 2023. Improving the integration of insurance companies and commercial banks. American Journal of Interdisciplinary Research and Development, 22: 7–13.
- Moskovkin V.M., Saprykina T.V., Pupynina E.V., Belenko V.A., Shumakova I.A. 2019. Examination of



trends in education with the Google Books Ngram Viewer. International Journal of Engineering and Advanced Technology, Special Issue 2, 8(6):1083–1090.

Pacholarz W.M. 2021. Evolution of the bancassurance concept: banking and insurance associations. Business and Public Administration Studies, 15(1): 9–16.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 29.01.2024

Поступила после рецензирования 19.02.2024

Принята к публикации 29.02.2024

Received January 29, 2024

Revised February 19, 2024

Accepted February 29, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Пашкова Елена Николаевна, старший преподаватель кафедры инновационной экономики и финансов, аспирант кафедры инновационной экономики и финансов, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Elena N. Pashkova, senior lecturer of the Department of Innovative Economics and Finance, graduate student of the Department of Innovative Economics and Finance, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ COMPUTER SIMULATION HISTORY

УДК 658.56; 303.732

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-132-144

Разработка регламента процессов СМК с использованием системно-объектного подхода

¹Бузов П.А., ²Жихарев А.Г., ^{2,3}Маторин С.И.

¹ АО «СофтКоннект», Россия, 308009, г. Белгород, ул. Рабочая, 14

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

³ Белгородский университет кооперации, экономики и права,
Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116а

E-mail: matorin@bsu.edu.ru

Аннотация. В работе рассматриваются недостатки существующих способов регламентации бизнес-процессов (БП), обусловленные моделированием процессов и проектированием регламентов средствами системно-структурного подхода. Демонстрируются возможности разработки регламента БП средствами системно-объектного подхода. Предлагается оригинальный шаблон регламента, основанный на предложенных ранее представлении системы в виде перекресток связей (входных и выходных потоков), т. е. узла, процесса преобразования входного потока в выходной, т. е. функции, и реализующего данный процесс объекта, а также на образе функционального узла и описываются его особенности. С использованием предложенного шаблона регламента БП разработаны примеры регламентов процессов управления системой менеджмента качества (СМК), основанные на структурной системно-объектной модели СМК в среде UFO-toolkit.

Ключевые слова: регламентация бизнес-процессов, системно-объектный подход, система менеджмента качества, образ функционального узла, шаблон регламента

Для цитирования: Бузов П.А., Жихарев А.Г., Маторин С.И., 2024. Разработка регламента процессов СМК с использованием системно-объектного подхода. Экономика. Информатика. 51(1): 132–144. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-132-144

Development of Regulations for QMS Processes Using a System-Object Approach

¹ Pavel A. Buzov, ² Alexander G. Zhikharev, ^{2,3} Sergey I. Matorin

¹ JSC "SoftConnect", 14 Rabochaya St, Belgorod, 308009, Russia,

² Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

³ Belgorod University of Cooperation, Economics and Law,
116a Sadovaya St, Belgorod, 308023, Russia

E-mail: matorin@bsu.edu.ru

Abstract. The work examines the shortcomings of existing methods of regulating business processes (BP), caused by modeling processes and designing regulations using a system-structural approach. The possibilities of developing BP regulations using the system-object approach are demonstrated. An original regulation template is proposed, based on the previously proposed representation of the system in the form of a crossroads of connections (input and output flows), i.e. node, the process of transforming the input

stream into the output stream, i.e. function, and the object implementing this process, as well as on the image of the functional node and its features are described. Using the proposed BP regulation template, examples of quality management system (QMS) management process regulations have been developed, based on the structural system-object model of the QMS in the UFO-toolkit environment.

Keywords: regulation of business processes, system-object approach, quality management system, image of a functional unit, regulation template

For citation: Buzov P.A., Zhikharev A.G., Matorin S.I. 2024. Development of Regulations for QMS Processes Using a System-Object Approach. Economics. Information technologies. 51(1): 132–144. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-132-144

Введение

Международный стандарт ISO 9001-2015 по построению и внедрению системы менеджмента качества (СМК) требует использования процессного подхода, что позволяет организации планировать свои процессы и их взаимодействие [Системы менеджмента качества...]. Таким образом, если организация планирует внедрение СМК, то она обязана создать у себя систему процессного управления.

Обеспечение эффективного функционирования системы процессного управления зависит во многом от регламентации. Регламентация – это процесс создания регламентирующих документов, описывающих ход выполнения бизнес-процессов (БП), таких как собственно регламент выполнения бизнес-процесса, должностная инструкция, матрица ответственности, технологическая карта и т. д. Документирование (регламентация) процесса означает создание документации, определяющей ход, результаты процесса и порядок управления процессом [Харитонов, Поляничко, 2010].

Однако разработка и внедрение регламентов являются непростыми процедурами. Анализ работ по вопросам регламентирувания БП показывает, что часть работ, например, [Картавенко, 2009; Репин, Елиферов, 2013], не содержит конкретных подробных указаний по структуре и содержанию регламента. Есть работы, например, [Долганова; Елиферов, Репин, 2005; Харитонов, Поляничко, 2010], в которых содержатся подробные указания, но в результате их использования регламент оказывается огромным бюрократическим документом, создание и использование которого сложно и очень трудоемко. Показательно, что в сети нет источников, в которых бы описывались реальные примеры использования таких регламентов.

В литературе также отмечаются конкретные проблемы создания регламентов БП. Наиболее существенными, на наш взгляд, являются следующие [Репин; Регламентация бизнес-процессов...; Борисов]:

- анализ процесса был выполнен в недостаточной степени;
- методика представления процесса в регламенте оказалась неполной или некорректной;
- не выстроена система целей и задач;
- бизнес-процессы разных уровней смешиваются друг с другом;
- отсутствует полноценное понимание границ разных процессов;
- нечётко определены входы и выходы;
- регламентация проводится поспешно и бессистемно;
- созданный регламент слишком субъективен и отражает точку зрения своего автора, но с ним могут не согласиться другие сотрудники;

Кроме того, отмечается, что зачастую вопрос регламентации решается формально без использования адекватных методик и предварительно построенной системы процессов, фиксирующей на всех уровнях рассмотрения взаимодействия и взаимозависимости регламентируемых бизнес-процессов [Регламентация бизнес-процессов; Заводсков].

Анализ этих проблем показывает, что причиной перечисленных недостатков в настоящее время является отсутствие применения действительно системного подхода в ходе

процедуры регламентации БП, т. е. средств системно-структурного подхода оказалось явно недостаточно.

В данной работе авторы предлагают применить системно-объектный подход при построении регламента БП и, в том числе, для процессов СМК.

Разработка шаблона регламента БП с применением системно-объектного подхода

В рамках системно-объектного подхода любая система рассматривается с трех сторон: как перекресток связей (входных и выходных потоков), т. е. *узел*, как процесс преобразования входного потока в выходной, т. е. *функция*, и как реализующий данный процесс *объект* [Теория систем и системный...].

По аналогии с исчислением объектов Абади-Кардели [Abadi Martin and Luca Cardelli A., 1996, Жихарев и др., 2013] система s_i как элемент «Узел-Функция-Объект» (УФО-элемент) представляется в виде специального объекта:

$s_i = [(L_i?, L_i!); f(L_i?)L_i!; (O_i?, O_i!, O_i f)]?$ где:

– $L_i?$ — поле специального объекта для описания множества входящих интерфейсных потоков, соответствующих входящим связям системы s_i , $L_i!$ — поле специального объекта для описания множества исходящих интерфейсных потоков, соответствующих исходящим связям системы s_i . Причем: $L_i? \subset L$ и $L_i! \subset L$, т. е. относятся к множеству всех связей L .

– f — метод специального объекта, описывающий функцию системы s_i , т. е. процесс преобразования входящих интерфейсных потоков (входящих связей системы) $L_i?$ в выходящие $L_i!$. В соответствии с принятой в теории объектов манерой обозначений, метод объекта представляется в следующем виде: $f(L_i?)L_i!$, где f — метод объекта (функция/процесс системы s_i) с областью определения $L_i?$ и областью значений $L_i!$, соответственно.

– $O_i?$ — множество полей, которое содержит интерфейсные входные характеристики специального объекта (системы s_i), $O_i!$ — множество полей, которое содержит интерфейсные выходные характеристики специального объекта (системы s_i), $O_i f$ — множество полей, которое содержит передаточные характеристики специального объекта (системы s_i). При этом множество полей для описания объектных характеристик системы $O_i = O_i? \cup O_i! \cup O_i f$,

Кроме того, авторами в целях усовершенствования функционально-стоимостного анализа предложен абстрактный образ функционального узла, уточняющий идею функционального объекта в стандарте IDEF0 [Бузов и др., 2022] (см. рис. 1).



Рис. 1. Образ функционального узла
Fig. 1. Image of a functional node

В данном случае вход «исх. материал» предназначен для поступления в процесс тех элементов, которые будут преобразованы процессом для получения элементов на выходе «продукт». «Продукт» есть результат преобразования «исх. материала», что полностью соответствует входу и выходу в IDEF0. Входы «обеспечение» и «управление»

интерпретируются несколько иначе по сравнению с «механизмом» и «управлением» в IDEF0. Они также не перерабатываются процессом, но «управление» понимается только как причина выполнения процесса, а «обеспечение» – как условия его осуществления. Например, в IDEF0 стандарт или техпроцесс рассматриваются как управление наряду с заявкой или планом работ. Однако, причиной выполнения, скажем, процесса изготовления деталей является заказ или план, а стандарту на детали совершенно неважно, будут они изготавливаться или нет. Поэтому заявка – это управление, а стандарт – обеспечение, как какой-либо инструмент.

При этом любой бизнес-процесс на выходе кроме продукта, для создания которого он предназначен, всегда имеет некоторую «информацию» или о самом процессе, или о результате (накладная, инструкция и т. п.). А также на выходе, особенно в случае материального производства, всегда будут иметь место «отходы».

Используя описанный выше образ функционального узла, авторы предлагают шаблон регламента БП, представленный в виде таблицы 1 ниже.

Таблица 1

Table 1

Системно-объектный регламент процесса _____
(ссылка на контекстную диаграмму)
System-object regulation of the process _____
(link to context diagram)

№	ВХОД ($L_i?$)	ИНТЕРФЕЙС ($O_i?$)	ИСТОЧНИК
1.	Исх. материал		
1.1.			
...			
2.	Обеспечение		
2.1.			
...			
3.	Управление		
3.1.			
...			
№	ВЫХОД ($L_i!$)	ИНТЕРФЕЙС ($O_i!$)	ПОТРЕБИТЕЛЬ
1.	Продуктовый		
1.1.			
...			
2.	Информационный		
2.1.			
...			
3.	Отходы		
3.1.			
...			
№	ФУНКЦИЯ ($f(L_i?)L_i!$)	ОПИСАНИЕ	
		... и ссылка на инструкцию (для простого процесса без декомпозиции)	
		Ссылка на диаграмму декомпозиции	

Окончание табл. 1
End of the table 1

№	ВХОД (L _i ?)	ИНТЕРФЕЙС (O _i ?)	ИСТОЧНИК
1.	Подпроцесс	Ссылка на регламент	
2.	Подпроцесс	Ссылка на регламент	
...	...	...	
n	Подпроцесс	Ссылка на регламент	
№	ОБЪЕКТ (O _i)	ОПИСАНИЕ	
1.		Участие: ... Ответственность: ...	
...			

Шаблон начинается с контекстной диаграммы графоаналитической модели данного процесса. В данном шаблоне разделы «вход» и «выход» структурированы в соответствии с образом на рис. 1. Для каждого входа указывается источник входного потока и для каждого выхода потребитель выходного потока. В колонке «интерфейс» указываются характеристики входного и выходного интерфейсов объекта, выполняющего данный процесс (вид интерфейса, производительность и т. д.). В разделе «функция» или дается текстуальное описание процесса в виде инструкции, или приводится ссылка на диаграмму декомпозиции графоаналитической модели данного процесса с перечислением всех подпроцессов со ссылками на их регламенты. В разделе «объект» приводится описание объекта с обязательным указанием его ответственности и каким образом он участвует в выполнении процесса.

Пример регламента процессов СМК

В качестве примера использования предлагаемого выше шаблона регламента БП рассмотрим регламент процесса «Управление СМК» в соответствии с системно-объектной графоаналитической моделью СМК в среде UFO-toolkit, представленной в работе [Бузов и др., 2023].

На рисунке 2 представлена контекстная диаграмма СМК, построенная в соответствии с международным стандартом ISO 9001-2015 [Системы менеджмента качества...].

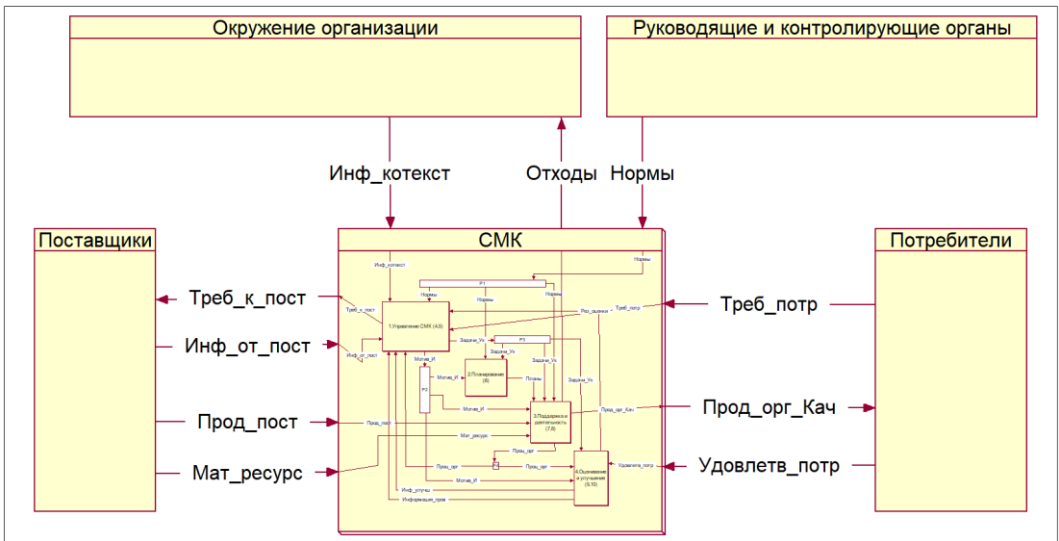


Рис. 2. Контекстная диаграмма СМК
Fig. 2. QMS context diagram

На рисунке 3 представлена классификация связей, используемых в модели, в соответствии с правилами системно-объектного структурного моделирования [Теория систем и системный...].

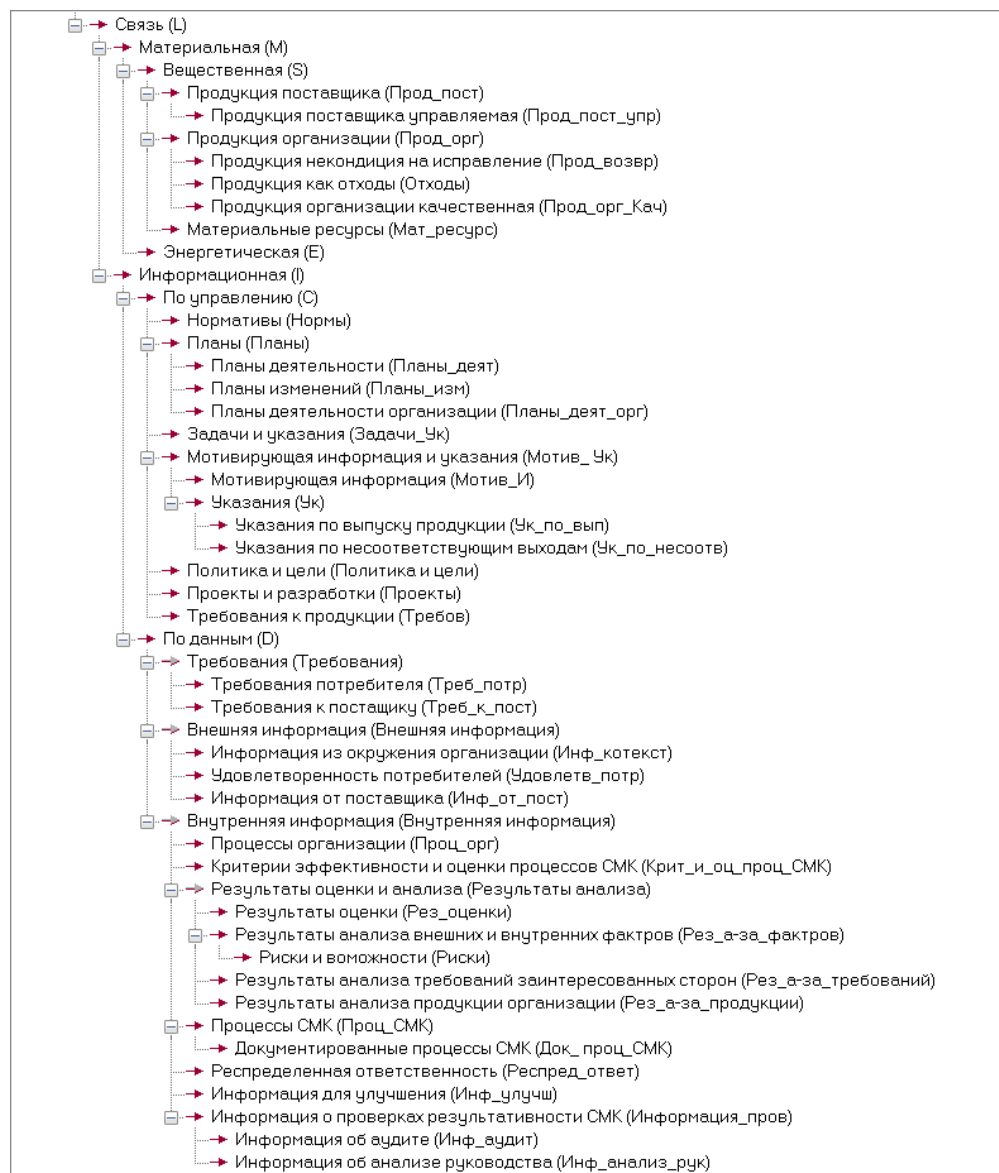


Рис. 3. Классификация связей СМК
Fig. 3. Classification of QMS connections

В таблице 2 представлен регламент процесса «Управление СМК», контекст которого можно видеть на диаграмме декомпозиции СМК (см. рис. 4).

В регламенте «Управление СМК» входами, которые перерабатываются, т. е. являются исходным материалом, указаны потоки «Процессы организации (Проц_орг)», «Информация для улучшения (Инф_улучш)», «Информация о проверках результативности СМК (Информация_пров)» и «Результаты оценки (Рез_оценки)».

Не перерабатываемыми входами, как обеспечением, являются потоки «Нормативы (Нормы)», «Информация из окружения организации (Инф_контекст)», «Информация от поставщика (Инф_от_пост)». Управляющим входом как причиной возникновения СМК и управления ею являются «Требования потребителя (Треб_потр)».

В качестве продуктового выхода выступает поток «Задачи и указания (Задачи_Ук)», а в качестве информационного поток «Мотивирующая информация (Мотив_И)». Отходы в данном случае не рассматриваются.

В связи с тем, что все процессы в данном случае являются процессами переработки информации, все потоки информационными, а все объекты сотрудниками с компьютерами, интерфейсы характеризуются видом и формой документов, а также периодичностью их получения и выдачи.

Функция регламентируемого процесса кроме краткого описания содержит ссылку на диаграмму декомпозиции и перечень подпроцессов.

Объектом, выполняющим данный процесс/функцию, обеспечивающим и контролирующим его исполнение, является руководство организацией в соответствии с ISO 9001-2015.

Таблица 2
Table 2

Системно-объектный регламент процесса *Управление СМК*
(контекст процесса см. рис. 4)
System-object regulations for *QMS Management* process
(process context on Fig. 4)

№	ВХОД	ИНТЕРФЕЙС	ИСТОЧНИК
1.	Исх. материал		
1.1.	Процессы организации	Печатн./Электрон. Форма документа. Периодичность.	Процесс «Поддержка и деятельность»
1.2.	Информация для улучшения	-«-	Процесс «Оценивания и улучшения»
1.3.	Информация о проверках результативности СМК	-«-	Процесс «Оценивания и улучшения»
1.4.	Результаты оценки	-«-	Процесс «Оценивания и улучшения»
2.	Обеспечение		
2.1.	Нормативы	-«-	Руководящие и контролирующие органы
2.2.	Информация из окружения организации	-«-	Окружение организации
2.3.	Информация от поставщика	-«-	Поставщик
3.	Управление		
3.1.	Требования потребителя	-«-	Потребитель
№	ВЫХОД	ИНТЕРФЕЙС	ПОТРЕБИТЕЛЬ
1.	Продуктовый		
1.1.	Задачи и указания	-«-	Процессы «Планирование», «Поддержка и деятельность», «Оценивание и улучшение»
2.	Информационный		
2.1.	Мотивирующая информация	-«-	Процессы «Планирование», «Поддержка и деятельность», «Оценивание и улучшение»

Окончание табл. 2
End of the table 2

№	ФУНКЦИЯ	ОПИСАНИЕ
	Управление СМК	Управление планированием (разработкой, внедрением), поддержкой и деятельностью (обеспечением функционирования) и постоянным оцениванием и улучшением СМК, включая демонстрацию лидерства и приверженности СМК в соответствии с требованиями международного стандарта.
		Декомпозиция процесса см. рис. 5
1.	Подпроцесс: «Разработка политики в области качества»	Ссылка на регламент
2.	Подпроцесс: «Обеспечение достижения намеченных результатов»	Ссылка на регламент
3.	Подпроцесс: «Управление процессами СМК»	Ссылка на регламент (таблица 3)
№	ОБЪЕКТ	ОПИСАНИЕ
1.	Руководство организацией	Участие: участвует в исполнении процесса Ответственность: обеспечивает и контролирует исполнение процесса

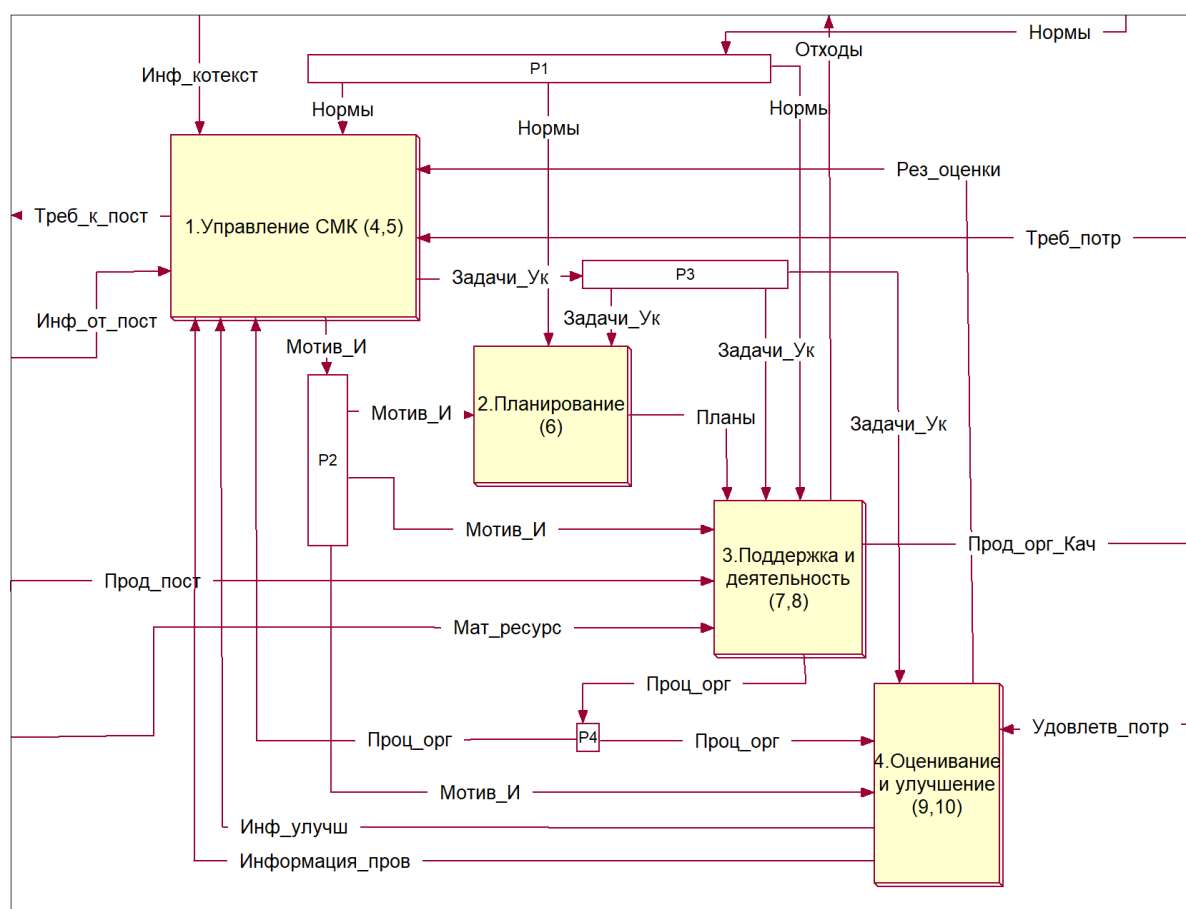


Рис. 4. Диаграмма декомпозиции СМК
Fig. 4. QMS decomposition diagram

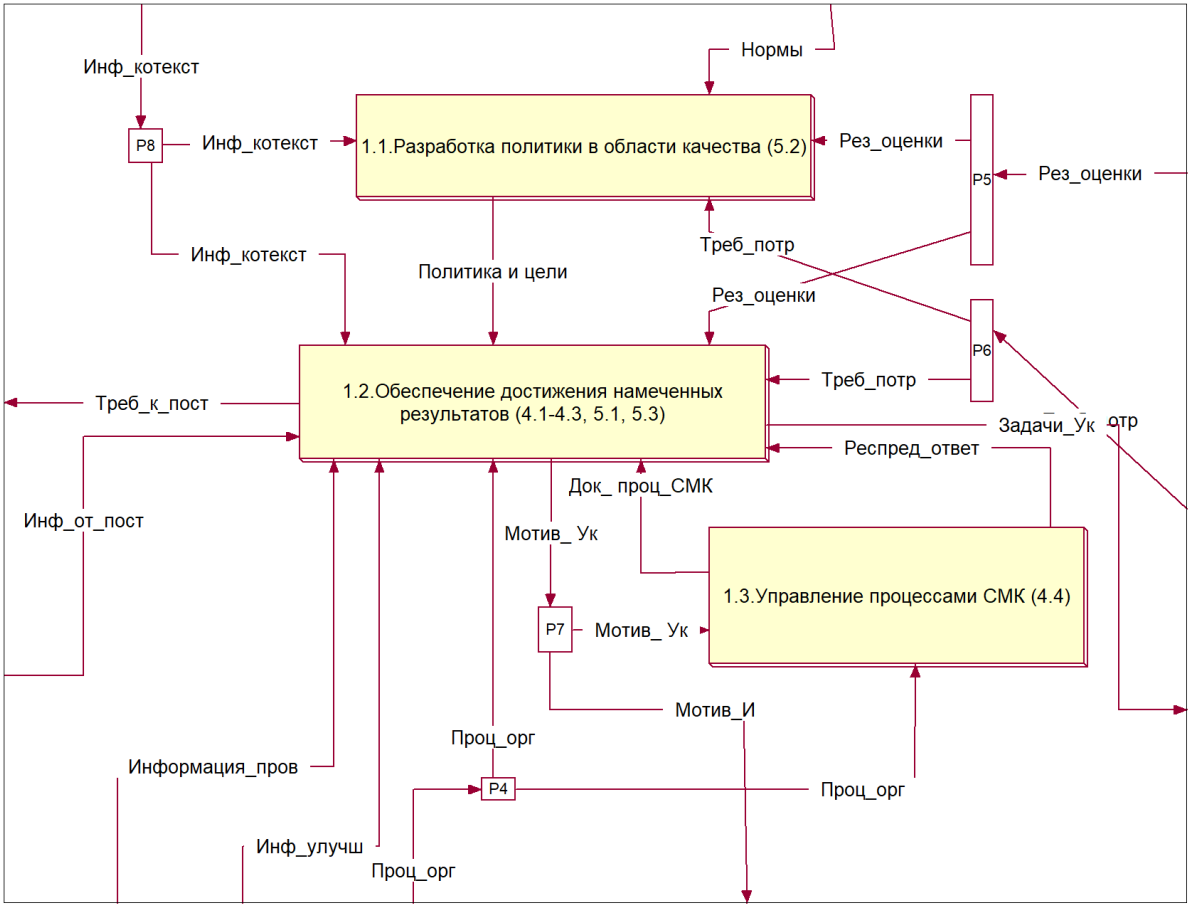


Рис.5. Диаграмма декомпозиции процесса «Управление СМК»
Fig. 5. Decomposition diagram of the “QMS Management” process

Далее для примера представлен регламент процесса «Управление процессами СМК», исходя из диаграммы декомпозиции предыдущего процесса, который организован также в соответствии с предлагаемым шаблоном.

Таблица 3
Table 3

Системно-объектный регламент подпроцесса *Управление процессами СМК*
(контекст процесса см. рис. 5)
System-object regulations for *QMS Management processes* subprocess
(process context on Fig. 5)

№	ВХОД	ИНТЕРФЕЙС	ИСТОЧНИК
1.	Исх. материал		
1.1.	Процессы организации	-«-»	Процесс «Оценивания и улучшения»
2.	Обеспечение		
2.1.	Мотивирующая информация	-«-»	Руководящие и контролирующие органы
3.	Управление		
3.1.	Указания	-«-»	Обеспечение достижения намеченных результатов

Окончание табл. 3
End of the table 3

№	ВЫХОД	ИНТЕРФЕЙС	ПОТРЕБИТЕЛЬ
1.	Продуктовый		
1.1.	Распределение ответственности	-«-»	Процессы «Обеспечение достижения намеченных результатов»
2.	Информационный		
2.1.	Документированные процессы СМК	-«-»	Процессы «Обеспечение достижения намеченных результатов»
№	ФУНКЦИЯ	ОПИСАНИЕ	
	<i>Управление процессами СМК</i>	Разработка, внедрение, обеспечение функционирования и постоянного улучшения СМК, включая необходимые процессы и их взаимодействие, в соответствии с требованиями международного стандарта. Определение процессов, необходимых для СМК, и их применение внутри организации, с учетом определения и применения критериев, методов измерения и соответствующих показателей деятельности. Распределение и возложение ответственности и предоставление полномочий в отношении процессов СМК. Поддержка в актуальном состоянии документированной информации для обеспечения функционирования процессов СМК. Сохранение документированной информации для обеспечения уверенности в том, что процессы осуществляются так, как было запланировано.	
		Декомпозиция процесса см. рис. 6	
1.	Подпроцесс: «Определить процессы СМК и их ресурсы»	Ссылка на регламент	
2.	Подпроцесс: «Определить критерии эффективности процессов СМК и оценивать их»	Ссылка на регламент	
3.	Подпроцесс: «Распределить ответственность и полномочия»	Ссылка на регламент	
4.	Подпроцесс: «Документировать и сохранять информацию о процессах СМК»	Ссылка на регламент	
№	ОБЪЕКТ	ОПИСАНИЕ	
1.	Высшее руководство	Участие: участвует в исполнении процесса Ответственность: обеспечивает и контролирует исполнение процесса	

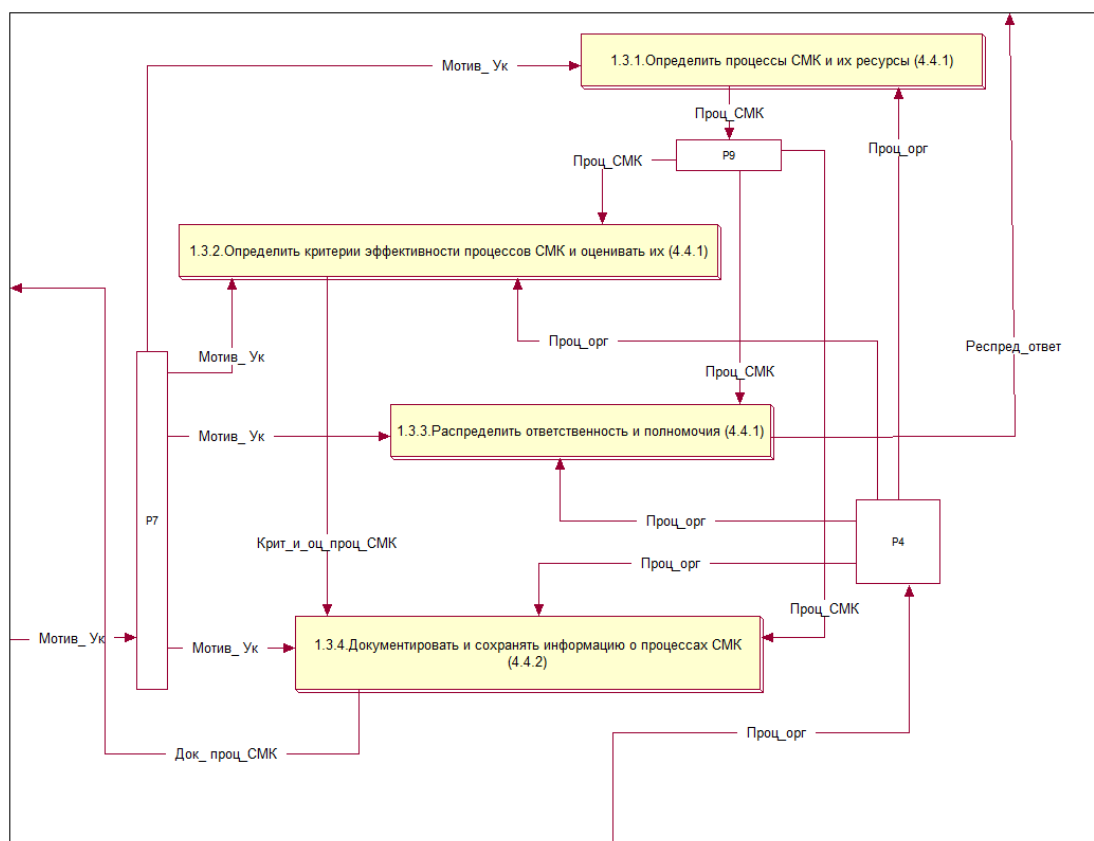


Рис. 6. Диаграмма декомпозиции процесса «Управление процессами СМК»
Fig. 6. Decomposition diagram of the process “QMS Process Management”

Заключение

Предлагаемый шаблон регламента БП позволяет представить любой процесс как систему с учетом его структурных, функциональных и объектных (субстанциальных) характеристик. При этом данное представление компактно и хорошо структурировано. Таким образом, данный шаблон лишен большинства отмеченных выше недостатков регламентов.

Применение предложенного шаблона для описания регламентов некоторых процессов СМК показало целесообразность его использования для регламентации БП.

Целью авторов является регламентация с применением разработанного шаблона всех процессов системы менеджмента качества и внедрение полученных регламентов на предприятиях г. Белгорода.

Список литературы

- Борисов А. Что такое хорошо и что такое плохо при регламентации бизнес-процессов, или Как создать "правильный" регламент. URL: <http://e-xecutive.ru/knowledge/announcement/1052702/>
- Бузов П.А., Жихарев А.Г., Маторин С.И. 2022. Функционально-стоимостной анализ для системы менеджмента качества. Научный результат. Информационные технологии. Т.7, №2: 35–41.
- Бузов П.А., Жихарев А.Г., Маторин С.И. 2023. Системно-объектная модель системы менеджмента качества. Материалы IX международной конференции «Информационные технологии в науке, образовании и производстве». 31 мая – 2 июня 2023 года, Белгород: 141–146.
- Долганова О.И. Регламент бизнес-процесса: нюансы создания. URL: <https://www.sekretariat.ru/article/210413-qqe-16-m5-reglament-biznes-protsesssa-nyuansy-sozdaniya>
- Елиферов В.Г., Репин В.В. 2005. Бизнес-процессы: регламентация и управление. М.: ИНФРА-М, 319 с.

- Жихарев А.Г., Маторин С.И., Маматов Е.М., Смородина Н.Н. 2013. О системно-объектном методе представления организационных знаний. Научные ведомости БелГУ. Сер. Информатика. № 8(151). Выпуск 26/1: 137–146.
- Заводсков С.В. Вводный курс: Что нужно знать о регламентации бизнес-процессов. URL: <https://spb-progressor.ru/bp.htm>
- Картавенко С.Н. 2009. Описание и регламентация бизнес-процессов. URL: https://www.cfin.ru/itm/bpr/key_realize.shtml
- Регламентация бизнес-процессов. URL: <https://rich-c.ru/reglamentaciya-biznes-processov.-dl#w3>
- Регламентация бизнес-процессов. URL: <https://www.comindware.ru/blog/регламентация-бизнес-процессов>
- Репин В. Почему не работают регламенты процессов? URL: https://www.cfin.ru/itm/bpr/work_procedures_scheduling.shtml
- Репин В.В., Елиферов В.Г. 2013. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М.: Манн, Иванов и Фербер, 544 с.
- Системы менеджмента качества. Требования. Международный стандарт ISO 9001-2015. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/62085.html>
- Теория систем и системный анализ: учебник. 2021. А.Г. Жихарев, О.А. Зимовец, М.Ф. Тубольцев, А.А. Кондратенко; под ред. С.И. Маторина. М.: КНОРУС, 456 с.
- Харитонов Г.Г., Поляничко В.С. 2010. Регламентация бизнес-процессов компании. Транспортное дело России. 12: 168–173.
- Abadi Martin and Luca Cardelli A. 1996. Theory of Objects. Springer-Verlag. 396

References

- Borisov A. Chto takoye khorosho i chto takoye plokho pri reglamentatsii biznes-protsessov, ili Kak sozdat' "pravil'nyy" reglament [What is good and what is bad when regulating business processes, or How to create the “correct” regulation]. URL: <http://e-xecutive.ru/knowledge/announcement/1052702/>
- Buzov P.A., Zhikharev A.G., Matorin S.I. 2022. Funktsional'no-stoimostnoy analiz dlya sistemy menedzhmenta kachestva [Functional cost analysis for the quality management system]. Nauchnyy rezul'tat. Informatsionnyye tekhnologii [Scientific result. Information Technology]. T.7, No 2: 35–41.
- Buzov P.A., Zhikharev A.G., Matorin S.I. 2023. Sistemno-ob'yektnaya model' sistemy menedzhmenta kachestva [System-object model of the quality management system]. Materialy IX mezhdunarodnoy konferentsii «Informatsionnyye tekhnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve» [Proceedings of the IX international conference “Information technologies in science, education and production]. May 31 – June 2, 2023, Belgorod: 141–146.
- Dolganova O. I. Reglament biznes-protssessa: nyuansy sozdaniya [Business process regulations: nuances of creating]. URL: <https://www.sekretariat.ru/article/210413-qqe-16-m5-reglament-biznes-protssessa-nyuansy-sozdaniya>
- Yeliferov V. G., Repin V. V. 2005. Biznes-protsessy: reglamentatsiya i upravleniye [Business processes: regulation and management]. М.: INFRA-M, 319 p.
- Zhikharev A. G., Matorin S. I., Mamatov Ye. M., Smorodina N. N. 2013. O sistemno-ob'yektnom metode predstavleniya organizatsionnykh znaniy [On the system-object method of representing organizational knowledge]. Nauchnyye vedomosti BelGU. Ser. Informatika [Scientific bulletins of BelSU. Ser. Computer science]. No. 8(151). Issue 26/1: 137–146.
- Zavodskov S.V. Vvodnyy kurs: Chto nuzhno znat' o reglamentatsii biznes-protsessov [Introductory course: What you need to know about the regulation of business processes]. URL: <https://spb-progressor.ru/bp.htm>
- Kartavenko S.N. 2009. Opisaniye i reglamentatsiya biznes-protsessov [Description and regulation of business processes]. URL: https://www.cfin.ru/itm/bpr/key_realize.shtml
- Reglamentatsiya biznes-protsessov [Regulation of business processes]. URL: <https://www.comindware.ru/blog/reglamentatsiya-biznes-protsessov>
- Reglamentatsiya biznes-protsessov [Regulation of business processes]. URL: <https://rich-c.ru/reglamentaciya-biznes-processov.-dl#w3>
- Repin V. Pochemu ne rabotayut reglamenty protsessov? [Why do process regulations not work?]. URL: https://www.cfin.ru/itm/bpr/work_procedures_scheduling.shtml

- Repin V. V., Yelifarov V. G. 2013. Protsessnyy podkhod k upravleniyu. Modelirovaniye biznes- protsessov [Process approach to management. Modeling of business processes]. M.: Mann, Ivanov and Ferber, 544 p.
- Quality management systems. Requirements // International standard ISO 9001-2015. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/62085.html>
- Teoriya sistem i sistemnyy analiz: uchebnik [Systems theory and system analysis: textbook]. 2021. A.G. Zhikharev, O.A. Zimovets, M.F. Tubol'tsev, A.A. Kondratenko; edited by S.I. Matorina. M.: KNORUS, 456 p.
- Kharitonova G.G., Polyanichko V.S. 2010. Regulation of business process company. Transport business in Russia. 12: 168–173.
- Abadi Martin and Luca Cardelli A. 1996.Theory of Objects. Springer-Verlag. 396

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 27.01.2024

Received January 27, 2024

Поступила после рецензирования 20.02.2024

Revised February 20, 2024

Принята к публикации 29.02.2024

Accepted February 29, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бузов Павел Андреевич, генеральный директор АО «СофтКоннект» г. Белгород, Россия.

Жихарев Александр Геннадиевич, доктор технических наук, заведующий кафедрой автоматизированных систем и технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия.

Маторин Сергей Игоревич, доктор технических наук, профессор кафедры информационных и робототехнических систем Белгородского государственного национального исследовательского университета, профессор кафедры информационных систем и технологий, Белгородский университет кооперации, экономики и права, г. Белгород, Россия.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Pavel A. Buzov, CEO of SoftConnect JSC, Belgorod, Russia.

Alexander G. Zhikharev, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Automated Systems and Technologies, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia.

Sergey I. Matorin, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information and Robotic Systems of the Belgorod State National Research University, Professor of the Department of Information Systems and Technologies of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, Russia.

УДК 004.891.2

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-145-156

SIR Model Dynamics: Insights into Epidemics and Vaccination

¹ Igor S. Konstantinov, ² Taha A. Tariq, ¹ Denis N. Starchenko

¹ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
46 Kostyukova St, Belgorod 308012, Russia,

² Belgorod State National Research University,
85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia
Email: 1591248@bsu.edu.ru

Abstract This research focuses on the SIR mathematical model, analyzing disease dynamics in populations. The SIR model classifies individuals into Susceptible, Infectives, and Removed categories, guided by differential equations and key assumptions. Addressing questions on disease spread, maximum infectives, total impact, epidemic cessation, and vaccination effects, the study emphasizes the contact ratio's role. A high contact ratio leads to widespread disease, influencing infective numbers and population impact. Epidemic cessation depends on reducing the contact ratio, enhancing recovery rates, and vaccination. The study underscores vaccination coverage's importance, considering effectiveness and population immunization for effective pandemic control, particularly relevant in the context of COVID-19.

Keywords: SIR Model, Epidemic Dynamics, Mathematical Modeling of Infectious Diseases, Vaccination Strategies, Contact Ratio and Disease Spread

For citation: Konstantinov I.S., Taha A.T.T., Starchenko D.N. 2024. SIR Model Dynamics: Insights into Epidemics and Vaccination. Economics. Information technologies, 51(1): 145–156. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-145-156

Динамика модели SIR: взгляд на эпидемии и вакцинацию

¹ Константинов И.С., ² Таха Т.А., ¹ Старченко Д.Н.

¹ Белгородский государственный технологический университет
Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 85

² Белгородский национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
Email: 1591248@bsu.edu.ru

Аннотация: В данном исследовании рассматривается математическая модель SIR, анализирующая динамику распространения болезней в населении. Модель SIR классифицирует людей на подверженных инфекции, инфицированных и излеченных, руководствуясь дифференциальными уравнениями и основными предположениями. Исследуя вопросы распространения болезни, максимального числа инфицированных, общего воздействия, прекращения эпидемии и эффектов вакцинации, исследование подчеркивает роль коэффициента контакта. Высокий коэффициент контакта приводит к широкому распространению болезни, влияя на число инфицированных и воздействие на население. Прекращение эпидемии зависит от снижения коэффициента контакта, увеличения скорости выздоровления и вакцинации. Исследование подчеркивает важность охвата вакцинацией, учитывая эффективность и иммунизацию населения для эффективного контроля пандемий, особенно актуально в контексте COVID-19.

Ключевые слова: модель SIR, динамика эпидемий, математическое моделирование инфекционных болезней, стратегии вакцинации, коэффициент контакта и распространение болезни

Для цитирования: Константинов И.С., Таха Т.А., Старченко Д.Н. 2024. Динамика модели SIR: взгляд на эпидемии и вакцинацию. Экономика. Информатика, 51(1): 145–156. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-145-156

Introduction

The power of mathematical models is that they not only tell you things that may seem obvious, but they also tell you how to alter things and control things to get them back under control. The mathematical modeling of infectious diseases, exemplified by the SIR model, offers crucial insights into epidemic dynamics and vaccination strategies. This research navigates through the intricacies of the SIR model, delineating the dynamics of Susceptible, Infective, and Removed populations. As the COVID-19 context underscores, vaccination coverage becomes paramount, demanding an exploration of effectiveness and population immunization to effectively curb pandemics.

Literature Review

The SIR model, which divides the population into susceptible, infected, and recovered compartments, was introduced by Kermack and McKendrick in the 1920s. This model has been refined and expanded upon by various researchers over the years. Flynn-Primrose et al. provide explicit mathematical definitions for model products used in constructing stratified compartmental models [Faris 2021]. The SIR model is a standard model for understanding epidemics, but it assumes that infected patients are identical to symptomatic and infectious patients. However, for COVID-19, it is now known that pre-symptomatic and asymptomatic patients can also be infectious. To address this, a modified version of the SIR model has been proposed, where the population is separated into five compartments: susceptible individuals, pre-symptomatic patients, asymptomatic patients, quarantined patients, and recovered and/or dead patients [Sikder, Hossain, and Islam 2023]. Mathematical models have been widely used to study the spread of infectious diseases. These models provide insights into the dynamics of disease transmission and can help in predicting, assessing, and controlling potential outbreaks [Al-Jebouri 2023]. Contact ratio, which refers to the number of contacts an individual has, plays a significant role in disease transmission. Studies have analyzed the impact of contact ratios on the spread of various infectious diseases. For example, [Sharma et al. n.d., 2021] found that the structure of contact networks, influenced by population-level risk-tolerance regimes and interaction type, affects the spread of the epidemic. Vaccination strategies play a crucial role in controlling and preventing epidemics. Various approaches have been explored in the literature to maximize the effectiveness of vaccination campaigns and their impact on disease dynamics. These strategies include considering network structure centrality measures, disease-spreading parameters, and a combination of both [Chatterjee and Zehmakan 2023].

The basic reproductive number (R_0) is a crucial concept in determining epidemic outcomes and influencing disease control measures. It represents the average number of secondary infections caused by a single infected individual in a susceptible population. Studies have explored the importance of R_0 in various diseases, including Legionnaires' disease [Ahmad et al. 2023]. The SIR model can be used to understand the dynamics of the COVID-19 pandemic by providing insights into the spread of the virus through populations. The model considers the specific distribution of initially infected individuals and the stochasticity of the transmission process, allowing for more realistic predictions and scenarios [Yao, Jia, and Dai 2023]. Model validation using real-world epidemiological data is crucial for assessing the accuracy and reliability of mathematical models like the SIR model. However, there are challenges and methodologies involved in this process. One challenge is the limited availability of data in the early stages of an epidemic, which can hinder the performance of the model [Nath et al. 2023]. Optimal resource allocation strategies during an epidemic have been discussed in several studies. These studies utilize mathematical models to aid decision-making in resource allocation. [Gupta and Amin 2023] propose a data-driven approach to incorporate parameter uncertainty into resource allocation decisions, improving the efficacy of time-critical allocation decisions by 4-8 %. Vaccination programs have been highly effective in preventing and eradicating infectious diseases, such as

smallpox, polio, measles, and tetanus. These programs have been cost-effective and have had a quick impact on population health by saving lives [Wang, Fekadu, and You 2023]. Numerous lectures, hosted by the Oxford University Department for Continuing Education, have explored the dynamics of the SIR model, which researchers have utilized in this paper [T. Crawford, 2021].

Model Development

In this model, the total population is divided into three categories or components: S for susceptible, who are individuals who could potentially catch the disease; I for infectives, representing those currently having the disease and capable of infecting others; and lastly, R for removed, encompassing individuals who have already contracted the disease and have now either recovered or died. With all mathematical models, various assumptions are incorporated to simplify real-world phenomena because explaining everything in a set of simple differential equations can be overly complex. The first assumption we make is that the epidemic is sufficiently short, implying that it doesn't last for an extended period, allowing us to assume that the total population remains constant. The second assumption in our model pertains to how the disease is transmitted. We assume that the rate of increase in infectives is proportional to the contact between susceptible and infectives, occurring at a constant rate. Our third assumption pertains to the removal rate, where we also assume a constant rate, encompassing factors such as death or recovery rates, and we maintain that this rate remains constant.

After making our assumptions, we need to formulate the equations governing our model. Concerning the susceptible, the rate of change in the number of susceptible, based on our assumption, indicates an expected decrease as individuals transition to infectives. Consequently, the rate of change in the number of susceptible

$$\frac{dS}{dt} = -rSI \quad (1)$$

The minus sign indicates that the original initial number is decreasing as time progresses, where 'r' is the rate of contact. The rate of susceptibles 'S' is proportional to the number of contacts between infectives and susceptibles. Therefore, 'S' multiplied by 'I' symbolizes the contact between the number of infectives and susceptibles.

For the infectives, we have a similar equation. We aim to understand the rate of change of 'I' over time, and this equation would grow as people move from susceptibles into infectives

$$\frac{dI}{dt} = rSI - aI \quad (2)$$

The first term rSI in equation 2 is the same as in equation 1 but with the opposite sign because susceptibles are moving to become infected. Additionally, based on our assumption that infectives recover or die at a constant rate, if somebody is infective, he would move to the third category, R, or the removal category. The third equation, representing the rate of change of the removed population, must be equal to the gain from equation 2.

$$\frac{dR}{dt} = aI \quad (3)$$

Equations 1, 2, and 3 represent the dynamics of three categories of people within the population. In Equation 1, the number of susceptibles would decrease according to the number of contacts between infectives and susceptibles. In Equation 2, the number of susceptibles would increase due to contact between people and decrease when individuals are dying as a result of the disease or recovering. Finally, in Equation 3, the removed category includes people who no longer catch the disease, either because they have recovered or have died.

Before solving this system of differential equations, we require initial data. Therefore, we need to define the initial number of susceptible people in the population. We can state that the initial number of infectives is denoted as S_o , the initial value of infectives is denoted as I_o , and the initial value of the removed category (R_o) is set to zero, as no one has yet recovered or died as a result of the disease.

$$S = S_o, I = I_o, R = R_o = 0 \text{ initially}$$

We assumed that the population must be constant due to the epidemic. What this means is that the rate of change of susceptibles plus the rate of change of infectives plus the rate of change of removed must always be zero because the total population is given by $S + I + R = I_o + R_o$.

$$\frac{d}{dt}(S + I + R) = 0 \quad (4)$$

We can solve 1,2 and 3 equations because we know the initial condition of the population, so the total population doesn't change over time. So, we can take the initial value, which is the starting point representing the population value, as time cannot change it; it always has a constant value.

Results and Discussion

According to our built system, we should answer these questions

Q1 Will the disease spread?

We have an initial number of infected people given by I_o at the beginning of the epidemic, and what we want to know is whether that would grow. If the infected start to grow, then the disease would spread through the population, so what we are interested in is the rate of change of the number of infectives in equation 2. But before we do that, we want to start with equation 1, as it would always be a negative number since all of its parameters are positive numbers and it contains a minus sign. So, the change of S would always be negative; this tells us that S at any given time must be smaller than or equal to the initial value S_o .

$$S \leq S_o \quad (5)$$

Now we can take this value S_o and plug it into equation 2

$$\frac{dI}{dt} < I(rS_o - a) \quad (6)$$

So, the epidemic would occur if the size of I increases from its initial value I_o , so the answer to our first question would be related to the sign of this term $(rS_o - a)$ equation 6. If this term is positive, so there will be a spread of the disease. This means if $S_o > a/r$ the disease indeed will spread.

The value of r/a is called q which is called the contact ratio, which is a fraction of the population that comes into contact with an infected individual during the period when they are infectious. We can also re-arrange $S_o > a/r$ to be $S_o q > 1$ or $R_o > 1$. Condition $R_o > 1$ determines whether or not the epidemic will occur. Where R_o is the reproductive number which represents the number of secondary infections in the population caused by initial primary infection. R_o value will tell how many infections in the average one infected person will give the disease to within susceptibles. The value of R_o in COVID-19 is estimated to be 3 to 4, which is why it is spread so rapidly all around the world.

Real data was collected and organized by the World Health Organization (WHO). Some data points were missing, and therefore, we employed interpolation techniques to fill in these gaps. Figure 1 displays the basic reproduction number calculated by the WHO, with the interpolated graph overlaid. The dataset spans from May 2020 to January 2023.

As mentioned earlier, when the condition $R_o > 1$ satisfies? the answer determines whether the number of infected people will increase or decrease. Therefore, it is essential to identify when the value of R_o is below or above 1. Figure 2 illustrates the distinct values of R_o , indicating whether it is above or below 1.

In Figure 3, When plotting the daily count of infected individuals alongside the corresponding values of the basic reproduction number R_o , we observed a clear pattern: as R_o exceeds 1, the number of cases, scaled up to a maximum of 2.5, increases, while it decreases as R_o falls below 1. The intersection of the R_o curve with the vertical line at 1 manifest as a turning point in the graph representing new cases.

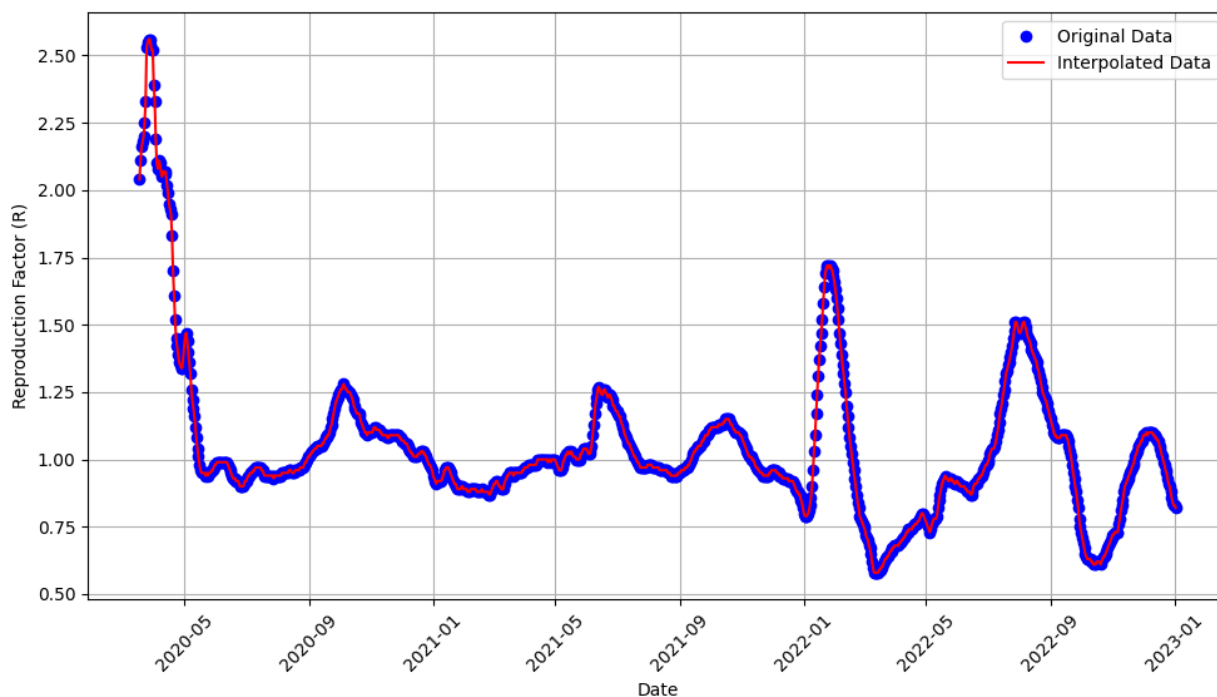


Fig.1. Real data of R_o for Russia over time (Our Data explorer website)

Рис.1. Реальные данные R_o по России с течением времени

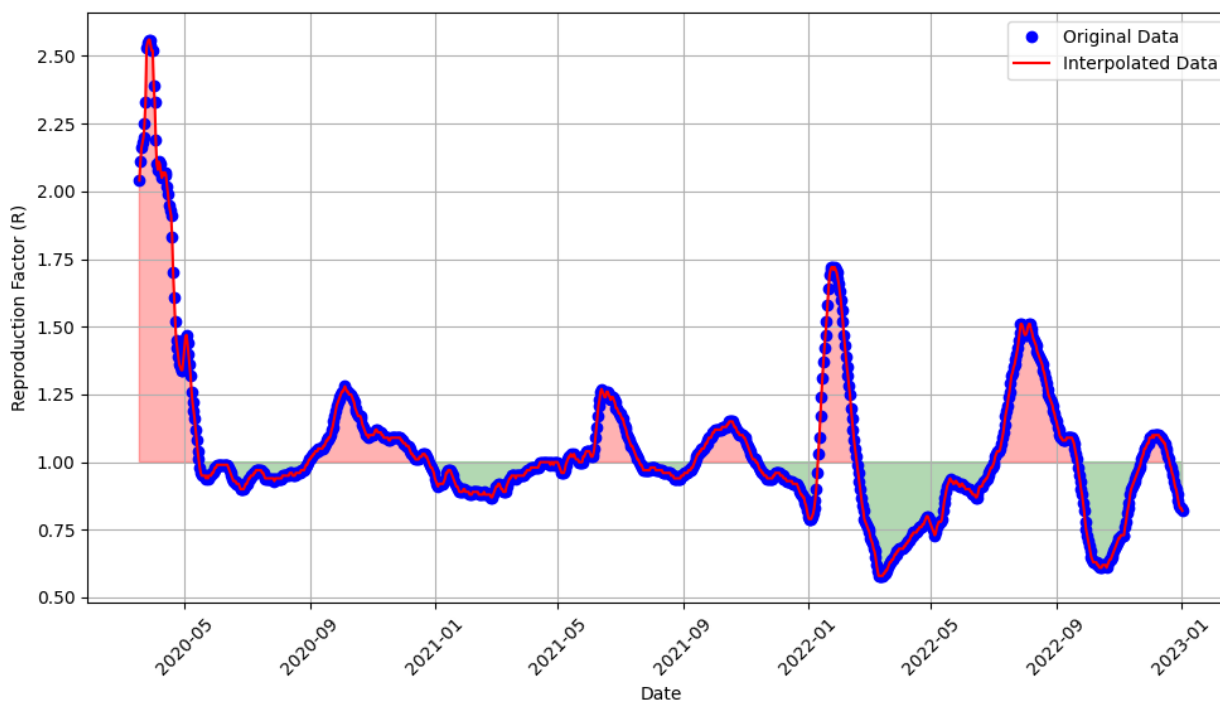


Fig.2. Discriminating R_o values

Рис.2. Различающиеся значения R_o

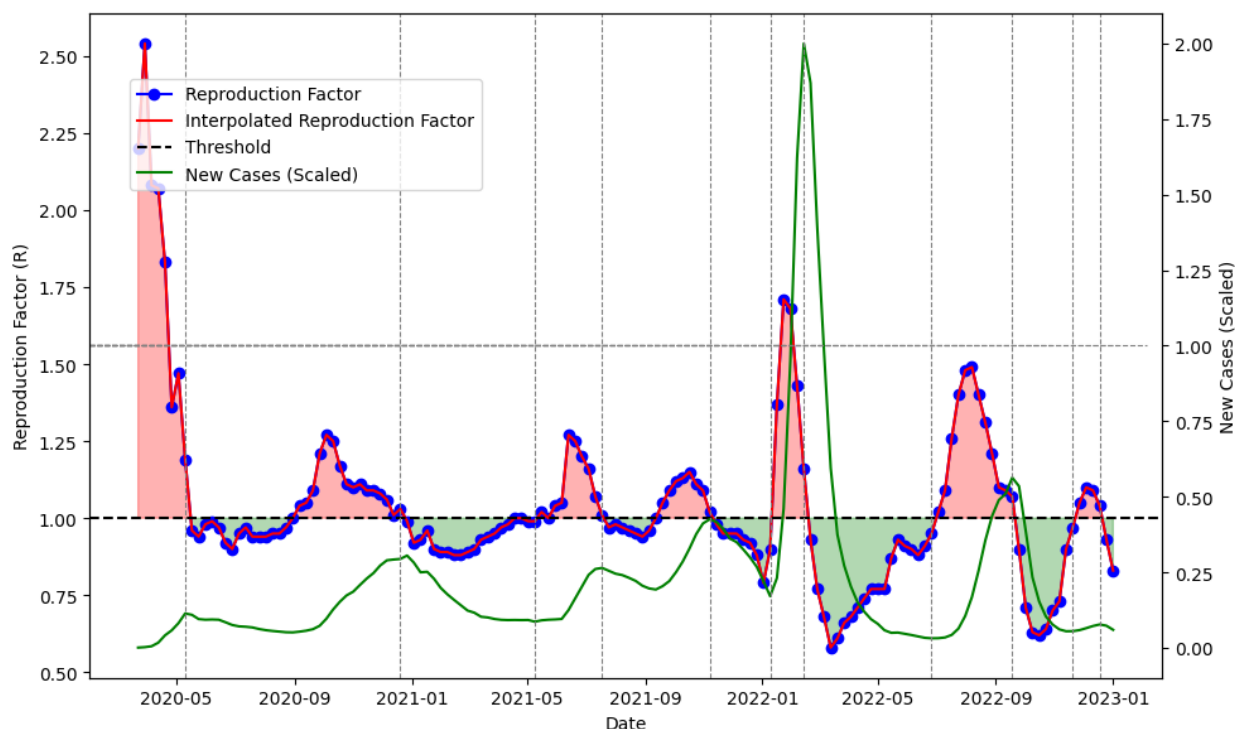


Fig.3. Relation between R_o and new cases
Рис.3. Связь между R_o и новыми случаями

Q2 What would be the maximum number of infectives?

The number of maximum infections is very helpful when we trying to distribute health resources. So, we want to create an equation for I that's in terms of various parameters we know within our system of equations. we would divide equation 2 by equation 1 to end up with equation $\frac{dI}{dS}$

$$\frac{dI}{dS} = \frac{rIS - aI}{-rIS} = -1 + \frac{a}{rS} = -1 + \frac{1}{qS} \quad (7)$$

We can solve this equation directly by integrating both sides of the differential equation and as we would have initial conditions,

$$I + S + \frac{1}{q} \ln S = I_o S_o + \frac{1}{q} \ln S_o \quad (8)$$

Equation 8 for I in terms of S and other parameters of our model, we haven't yet found I_{max} which is the maximum number of infectives at any given time, which is what we want to answer our second question. To obtain the maximum I in equation 8 we need to differentiate it and equal it to zero. As we saw the derivative of equation 8 is equation 7. So, we conclude that the maximum value of I in equation 8 occurs when substituting $S = 1/q$ in equation 8 and re-arranging for I . We get

$$I_{max} = I_o + S_o - \frac{1}{q} (1 + \ln(qS_o)) \quad (9)$$

Equation 9 says that the maximum number of infectives equal to the total population $I_o + S_o$ minus a function of q . We denoted looks $(1 + \ln(qS_o))$ as $f(q)$, we are interested how it is looks like.

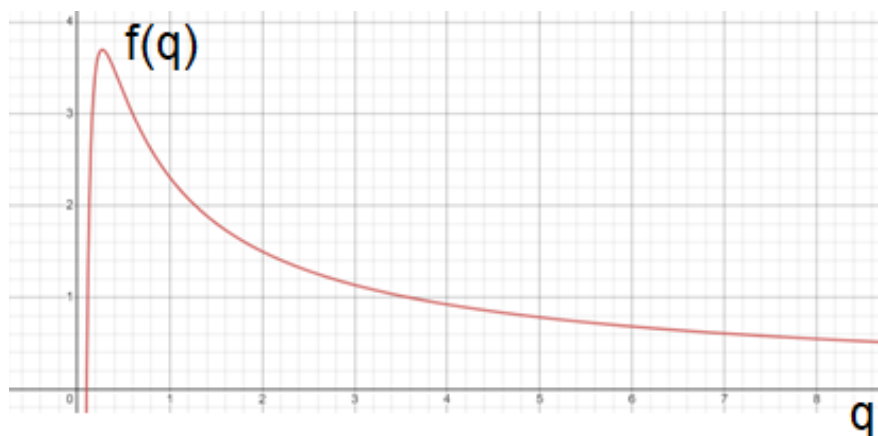
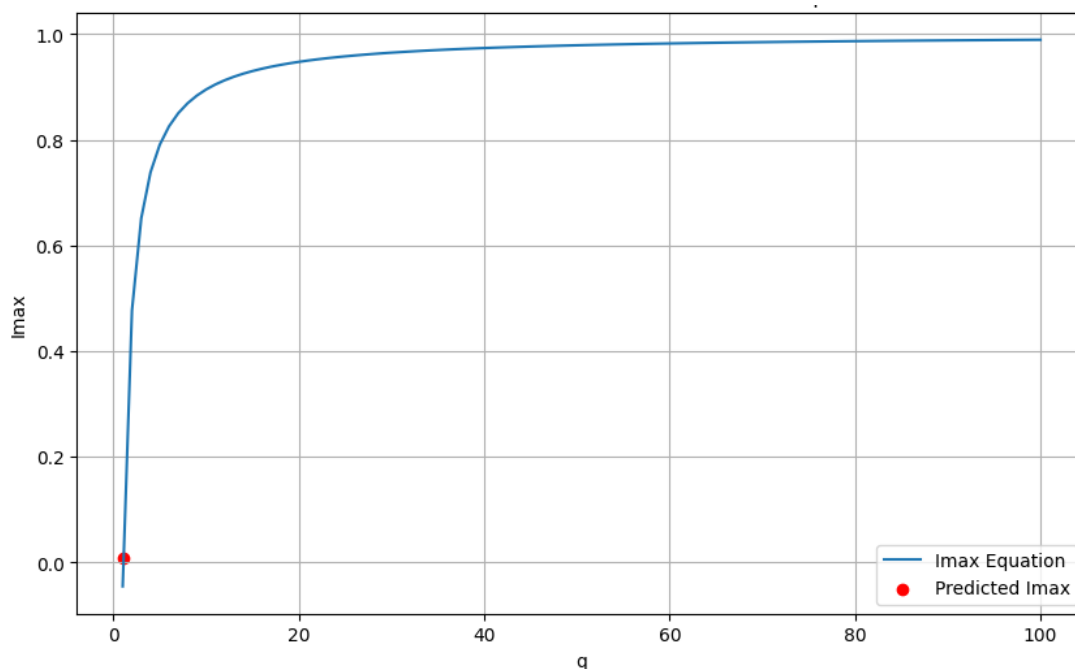


Fig.4. Plot of function $\frac{1}{q}(1 + \ln(qS_o))$
Рис.4. График функции $\frac{1}{q}(1 + \ln(qS_o))$

The key parameter is the value of q which is the contact ratio which is the fraction of the population that comes into contact with an infected individual. In the recent COVID-19, the value of q is high because the disease is very easy to transmit, with lots of people getting it, and lots of people getting into contact with those that have it, especially during long incubation periods where the symptoms do not show. Ultimately for our model, q is very big for the COVID-19 outbreak. Looking at Figure 4, if q is big, so $f(q)$ would be small, and then $I_{\max}$ would be big. What this means for the maximum number of infectives is that the maximum number of people that can have the disease at any given time is equal to the total population minus the function in Figure 1 ($f(q)$) where in this case quite small (when q is big) which is very bad news in the outbreak when have large q value.



Predicted q value: 1.054
Predicted $I_{\max}$ value: 0.009 = 0.9 % of the population
Fig.5. Maximum infected cases as a function of q

Рис.5. Максимальное количество инфицированных случаев в зависимости от q

With considering that $I_{max} = I_o + S_o - \frac{1}{q}(1 + \ln(qS_o))$ from equation 9, and $I_o + S_o$ is 1 for the whole population, and qS_o is R_o , we can calculate R_o by taking average of all the recorded values in the dataset, in Figure 5 we drew the value of I_{max} as a function of q , then by using our recorded data in (Our Data explorer website), we calculated the mean value of q for the whole period of study.

The red point in indicate the real q from the dataset after taking the average of all R_o within the dataset (Our Data explorer website). the substitute R_o and the I_{max} taken from given dataset to find the average real q for the last pandemic.

Q3 How many people will catch the disease?

In our assumption, we assumed that the total population was constant. We first need to think about what it means for diseases to “end”, because if we want to know the total number of people that caught the diseases, we need the actual spread of the disease to end, this means that the number of infectives must go down to zero. So, we can call it the end of the outbreak. We have to look at our assumption that the total population doesn't change

$$R + I + S = I_o + S_o \quad (10)$$

We have to find the size of R in equation 10 when the number of I goes to zero, so we have to re-write equation 10 at the end of the epidemic

$$R_{end} = I_o + S_o - S_{end} \quad (11)$$

In equation 11 we noticed that the sum of people infected and recovered or died is the total population $I_o + S_o$ minus the susceptibles left after the end of the pandemic. The only unknown value in equation 11 is S_{end} . We can find S_{end} by substituting $I = 0$ in equation 8.

$$S_{end} + \frac{1}{q} \ln S_{end} = I_o + S_o + \frac{1}{q} \ln S_o \quad (12)$$

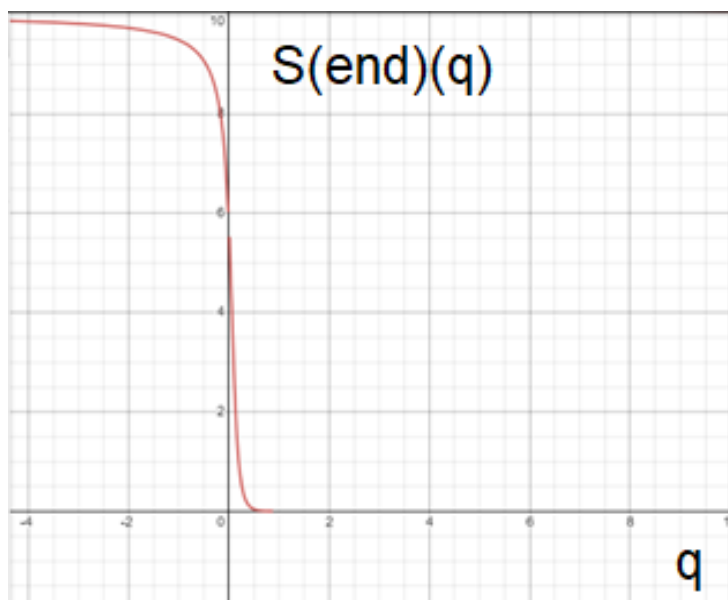


Fig.6. The plot of the equation 12

Рис.6. График функции 12

We have to solve equation 12 to find the number of susceptibles left after the end of the disease, then we have to substitute the value of S_{end} from equation 12 into equation 11 to find the value of R_{end} which is the answer to question 3. so, we would plot S_{end} versus q .

As we noticed from Figure 6 the large value of q the S_{end} is small and therefore according to equation 11, the value of R_{end} is large which is of course bad news. In summary, quite a lot if not the vast majority of the population will catch the disease if the value of q is sufficiently large.

Q4 What is the condition for an epidemic to stop, and how it would be affected by a vaccine?

In Equation 2 ($\frac{dI}{dt} = I(rS - a)$) we saw that the term $(rS - a)$ has to be negative for the pandemic to stop. So, the number of people with the disease must be decreasing, so they would get down to zero and stop.

If the term $(rS - a)$ would be negative then

$$R := \frac{rS}{a} < 1 \quad \text{for disease to stop} \quad (13)$$

From inequality 13 we see that there are three parameters to make this inequality right, which are reducing r , S or increasing a which means how long people are sick, the longer the one is sick, the larger opportunity to infect other people. We will control that with better medication to get people healthier sooner. Where r is the rate that infected people pass the disease on to susceptibles people, we can keep this parameter down by lockdown and social distancing or keep them quarantined. As vaccines became available, we need to pay attention to how the availability of vaccines effect the conclusion we draw from our model.

With vaccine we try to get the S which is the number of susceptibles people down, Vaccines can effectively reduce S such that R stays below one even if we go back to normal life.

Q5 How many people do we need to vaccinate to stop the pandemic?

At the start of pandemic, R_0 equal $R_0 = rS_0/a$ because it is a new disease, nobody had it before and nobody has immunity, so $S_0 = 1$ which means everybody is susceptible everybody could get the disease, so $R_0 = ra$.

After vaccination, the people stay susceptibles, and if we denote the proportion of susceptibles people vaccinated by v then

$$S^* + v = 1 \rightarrow v = 1 - S^* \quad (15)$$

For pandemic to stop, this inequality has to be true

$$\frac{rS^*}{a} < 1 \rightarrow S^* < \frac{a}{r} \rightarrow S^* < \frac{1}{R_0} \quad (16)$$

According to equation 15, If $\frac{a}{r} = \frac{1}{R_0}$ of the people or less still susceptibles because they are not vaccinated, then the disease will stop, which means if $R_0 = 3$, then $2/3$ of people need to be vaccinated before the disease stops.

According to the equation 15, for the pandemic to stop, portion of people vaccinated should be

$$v > 1 - \frac{1}{R_0} \quad (17)$$

In Figure 7, the percentage of fully vaccinated individuals in Russia over time is depicted on the horizontal axis. After calculating the mean of the reproduction factor from the onset of the disease until the first person was fully vaccinated, the resulting value was 1.14. Therefore, the value of v needed to satisfy the inequality 17 is 0.122 of the population, indicating that at least 12.2 % of the Russian population needs to be vaccinated for the disease to stop. Allowing people to return to normal life implies that R_0 would increase since the contact rate will rise. So, we assumed various values of R_0 and determined the corresponding minimum v needed to halt the disease. The minimum threshold of v is depicted with different colors.

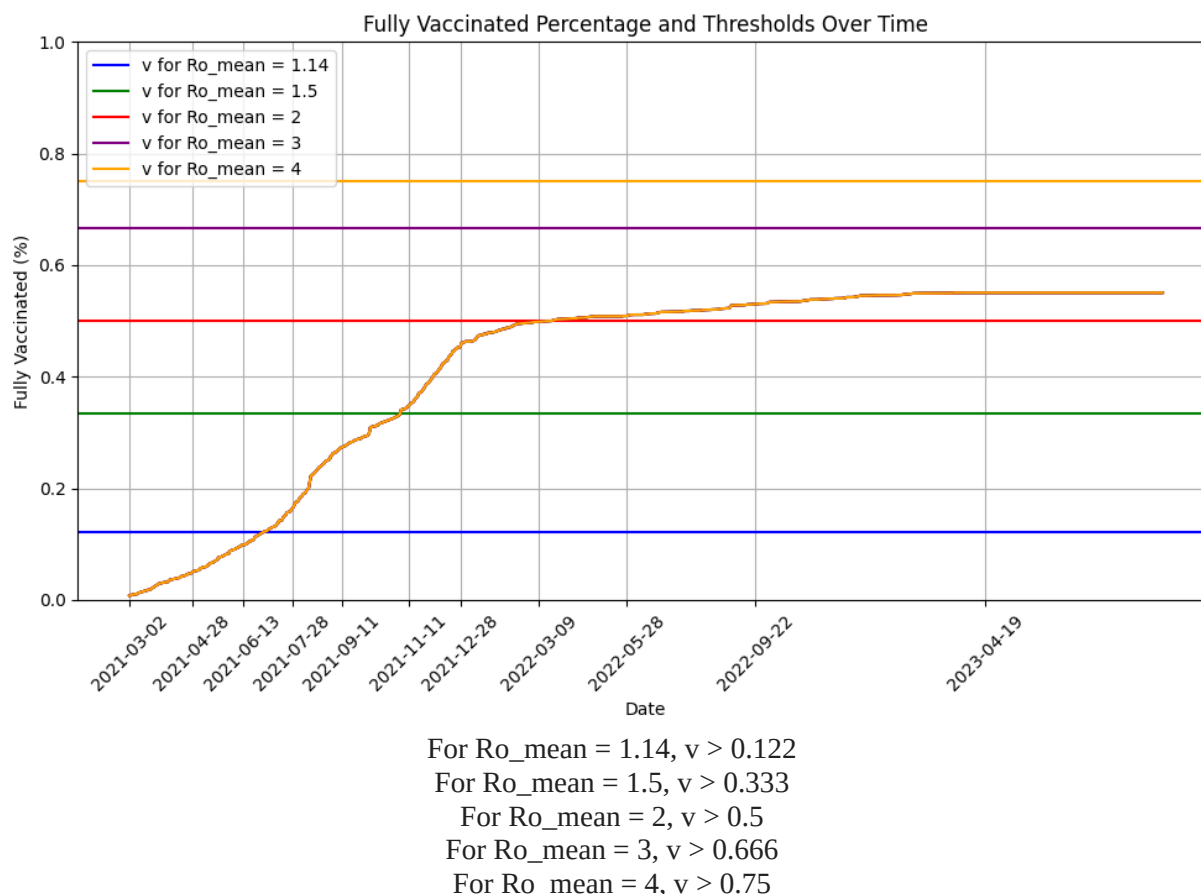


Fig.7. Fully vaccinated percentage overtime in Russia

Рис.7. Процент полностью вакцинированных пациентов в России в различные периоды времени

Q6 What happen if the vaccine isn't 100 % effective?

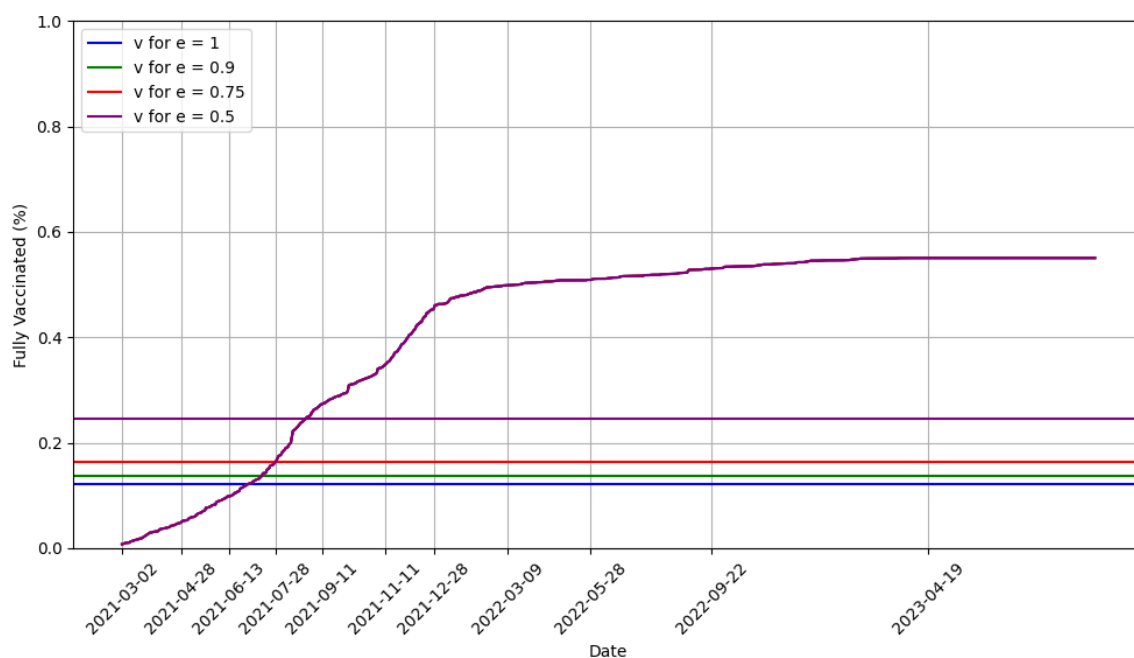
If the vaccine is not 100 % effective, this changes the inequality in 17, where not all vaccinated persons have an immunity against the disease, lets denote the effectiveness of the vaccine by e and the part of vaccinated population that has a full immunity against the disease by v_{eff} , were

$$v_{eff} = e \cdot v \quad (18)$$

So, if we have 100 people vaccinated and a 95 % effective vaccine, so 95 of those people would be immune against the disease. considering equation 18 and plugging it in inequality 17, we conclude that for the disease to stop the number of vaccinated should be

$$v > \frac{1}{e} \left(1 - \frac{1}{R_0}\right) \quad (19)$$

In Figure 8, we present the same graph as in Figure 7, depicting the scenario for the fully vaccinated population. However, we now incorporate the effect of vaccination according to Equation 19. As the efficacy of the vaccine diminishes, there is a corresponding increase in the percentage of the population that needs to be vaccinated.



For $e = 1$, $v = 0.122$ For $e = 0.9$, $v = 0.136$
For $e = 0.75$, $v = 0.163$ For $e = 0.5$, $v = 0.245$

Fig.8. Fully Vaccinated Population vs. Time with Vaccine Efficacy

Рис.8. Полностью вакцинированное население в сравнении с временем действия вакцины

Conclusion

For COVID-19, contact ratio q is the main key to determining the behavior of the disease. We can see that if q is large, the disease will spread and epidemic will occur. In the answer of question two we had known that the maximum number of infectives is equal to everybody minus some function of q (Figure 1), which is high for small values of q , which means as q goes high this function in Figure 1 would be low and therefore the I_{max} would be low. In question 3 the total people who catch the disease is which tell us that basically again that most majority of population will catch the disease if the value of q is large.

Equation 16 indicated, the value of susceptibles people (non-vaccinee) should be lower than $1/R_0$ for the pandemic to stop. in equation 17 we saw that the proportion of people need to be vaccinated should be at least $1-1/R_0$ for the pandemic to stop. If the vaccine is not 100 % effective, as mentioned in inequality 19, at least $1/e(1-1/R_0)$ need to be vaccinated for the pandemic to stop.

References

- Ahmad, Hamza Garba, Felix Yakubu Eguda, Bulama Mohammed Lawan, James Andrawus, and Babangida Ibrahim Babura. 2023. "Basic Reproduction Number and Sensitivity Analysis of Legionnaires' Disease Model." *Gadua Journal of Pure and Allied Sciences* 2(1):1–8. doi: 10.54117/gjpas.v2i1.60.
- Al-Jebouri, Mohemid Maddallah. 2023. "Modellings of Infectious Diseases and Cancers under Wars and Pollution Impacts in Iraq with Reference to a Novel Mathematical Model and Literature Review." *Open Journal of Pathology* 13(03):126–39. doi: 10.4236/ojpathology.2023.133013.
- Chatterjee, Sourin, and Ahad N. Zehmakan. 2023. "Effective Vaccination Strategies in Network-Based SIR Model."
- Faris, William G. 2021. "The SIR Model of an Epidemic."
- Gupta, Samarth, and Saurabh Amin. 2023. "Uncertainty Informed Optimal Resource Allocation with Gaussian Process Based Bayesian Inference." *ArXiv Preprint ArXiv:2307.00032*.
- Nath, Siddharth, Ehsan Rahimy, Ashley Kras, and Edward Korot. 2023. "Toward Safer Ophthalmic Artificial Intelligence via Distributed Validation on Real-World Data." *Current Opinion in Ophthalmology* 34(5):459–63.

- Sharma, Manvi, Abhijeet Kulkarni, Anjan Katna, and Abi Tamim Vanak. n.d. "Reservoir Dogs: Consequences of Variable Contact Network Structures for Disease Spread in Free-Ranging Dogs." doi: 10.1101/2023.04.06.535810.
- Sikder, Arun Kumar, Md Biplob Hossain, and Md Hamidul Islam. 2023. "Compartmental Modelling in Epidemic Diseases: A Comparison between SIR Model with Constant and Time-Dependent Parameters." *Inverse Problems* 39(3). doi: 10.1088/1361-6420/acb4e7.
- Wang, Yingcheng, Ginenus Fekadu, and Joyce Hoi-sze You. 2023. "Cost-Effectiveness Analyses of Digital Health Technology for Improving the Uptake of Vaccination Programs: Systematic Review." *Journal of Medical Internet Research* 25:e45493.
- Yao, Lisha, Simeng Jia, and Ziqing Dai. 2023. "Simulation Analysis of COVID-19 Epidemic Model in Wuhan Based on SIR Model." Pp. 289–94 in *Second International Conference on Digital Society and Intelligent Systems (DSInS 2022)*. Vol. 12599. SPIE.
- Oxford University Department for Continuing Education. 2021. "Pandemic Dynamics series: Dr. Tom Crawford." <https://www.conted.ox.ac.uk/profiles/tom-crawford>
- Our World in Data. 2023. "COVID-19 Data Explorer." Accessed December 29, 2023. Available at: <https://ourworldindata.org/covid-cases>.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Received January 4, 2024

Revised February 14, 2024

Accepted February 29, 2024

Поступила в редакцию 04.01.2024

Поступила после рецензирования
14.02.2024

Принята к публикации 29.02.2024

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Igor S. Konstantinov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Information Technologies and Control Systems, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

Константинов Игорь Сергеевич, доктор технических наук, профессор института информационных технологий и управляющих систем, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия

Taha A. Tariq, Postgraduate of the Department of Mathematical and Software of Information Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Таха Асраа Тарик Таха, аспирант кафедры математического и программного обеспечения информационных систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

Denis N. Starchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Institute of Information Technologies and Control Systems, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

Старченко Денис Николаевич, кандидат технических наук, доцент института информационных технологий и управляющих систем, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия

УДК 004.046+004.942

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-157-168

Функциональное моделирование мониторинга состояния системы хранения криопродуктов на примере сжиженного природного газа

Солдатов Е.С.

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН,
Россия, 199178, г. Санкт-Петербург, 14-я линия Васильевского острова, 39
E-mail: volshebnoekoltso@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы повышения безопасности и снижения потерь при хранении и транспортировке криопродуктов в системах хранения различного типа. Представлена функциональная модель системы дистанционного мониторинга состояния систем хранения криопродуктов. Задачей системы мониторинга является обеспечение удаленного мониторинга состояния систем хранения криопродуктов, в том числе, с возможностью на основе результатов компьютерного моделирования прогнозировать время бездренажного хранения криопродукта. В рассмотренной схеме функционально разделены задачи по накоплению массива рабочих параметров хранения, определяющихся, как правило, при помощи компьютерного моделирования, и вычисление текущих характеристик конкретного процесса в режиме реального времени. Рассмотрена процедура вычисления нестационарных параметров бездренажного хранения на примере систем хранения сжиженного природного газа.

Ключевые слова: функциональное моделирование, дистанционный мониторинг, танк-контейнер, бездренажное хранение, тепломассообмен, IDEF0, CFD

Для цитирования: Солдатов Е.С. 2024. Функциональное моделирование мониторинга состояния системы хранения криопродуктов на примере сжиженного природного газа. Экономика. Информатика. 51(1): 157–168. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-157-168

Functional Modeling of Monitoring the State of Cryoprodukt Storage Systems on the Example of Liquefied Natural Gas

Evgeny S. Soldatov

Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
39, 14 line V.O., Saint Petersburg, 199178, Russia
E-mail: volshebnoekoltso@mail.ru

Abstract. The issues of improving safety and reducing losses during storage and transportation of cryoprodukt in storage systems of various types are considered. A functional model of a system for remote monitoring of the state of cryoprodukt storage systems is presented. The task of the monitoring system is to provide remote monitoring of the state of cryoprodukt storage systems, including the possibility to predict the time of non-drainage storage of cryoprodukt based on computational modeling data. In considered scheme, the tasks of accumulating an array of operating parameters, which are usually determined using computational modeling, and calculating the current characteristics of a particular process in real time are functionally separated. The procedure for calculating non-stationary parameters of non-drainage storage is considered on the example of liquefied natural gas. Graphs of tank pressure changes at different values of the liquid level in the tank are presented. Using of the proposed functional model for monitoring the condition of cryogenic storage systems ensures that responsible persons are provided with current information on the parameters of non-drainage storage of cryogenic products in real time. This allows to take timely measures to prevent product losses during storage, as well as prevent the occurrence of an explosion and fire hazard.

Keywords: functional modeling, remote monitoring, tank container, non-drainage storage, heat and mass transfer, IDEF0, CFD

For citation: Soldatov E.S. 2024. Functional Modeling of Monitoring the State of Cryoprodukt Storage Systems on the Example of Liquefied Natural Gas. Economics. Information technologies. 51(1): 157–168. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-157-168

Введение

В развитии промышленности и других отраслей экономики России особое место занимают вопросы повышения безопасности и снижения потерь при хранении и транспортировке опасных веществ. В частности, для предприятий топливно-энергетического комплекса, машиностроения, металлургии, химической и нефтехимической промышленности, пищевой промышленности, для объектов сельского хозяйства и здравоохранения актуальными являются вопросы эффективной эксплуатации систем хранения криопродуктов [Ряжских и др., 2020; Архаров, 2023]. В этом аспекте ключевую роль играет исследование теплофизических процессов в закрытом сосуде при хранении и транспортировке, в первую очередь, таких криопродуктов как жидкий азот, жидкий кислород, жидкий аргон, жидкий водород и сжиженный природный газ (СПГ). На мировом рынке СПГ наблюдается устойчивая положительная динамика: в частности, по итогам 2021 года рост составил 5,4 %. При этом, по оценкам аналитиков, среднегодовой темп роста рынка к 2035 году может возрасти вдвое [Исмагилова, Чекушина, 2023].

Несмотря на развивающийся рынок СПГ, опубликовано крайне мало результатов исследований по проблематике транспортировки и хранения СПГ в мультимодальных танк-контейнерах [Bo et al., 2021; Павлова, Чекардовский, 2022; Lee et al., 2023]. Также, несмотря на наличие публикаций по теме бездренажного хранения криопродуктов, в том числе публикаций с результатами компьютерного моделирования процессов тепломассообмена в криогенных сосудах, практически отсутствуют исследования по системному применению результатов моделирования для снижения потерь при хранении и транспортировке криопродуктов в масштабах промышленного кластера или страны в целом.

При этом важнейшей составляющей системного подхода по предотвращению потерь при хранении и транспортировке криопродуктов является организация дистанционного мониторинга тепломассообменных процессов в стационарных и транспортных сосудах, подключенных к единой информационной системе [Soldatov, Bogomolov, 2021].

Функциональная модель мониторинга состояния криогенных систем хранения

Каждую из систем хранения, состояние которой требуется отслеживать в режиме реального времени, необходимо оборудовать средствами телеметрии. В настоящее время на многих объектах производства и потребления криопродуктов уже эксплуатируются телеметрические системы, использующие пересчет уровня жидкости на основе измерения разности давлений в газовой и жидкостной фазах криогенного сосуда. Вычисление параметров производится с учетом поправки на изменение плотности, рассчитанной по показаниям датчика давления. Обеспечена возможность как местной индикации параметров, так и передачи данных на удаленное устройство для контроля процессов хранения, что позволяет службам логистики планировать доставку жидких продуктов без привлечения дополнительных ресурсов со стороны персонала, осуществляющего эксплуатацию криогенных сосудов.

Недостатком применяемых в настоящее время технических и организационных решений является невозможность получения в режиме реального времени информации о прогнозируемом времени хранения криопродукта с учетом технического состояния сосуда, изменяющихся условий окружающей среды и режимов его эксплуатации.

Для решения проблемы отсутствия информации для принятия решений по снижению потерь криопродуктов, помимо прочего, необходимо совершенствование существующих средств телеметрии. На рис. 1 представлена диаграмма верхнего уровня разработанной функциональной модели мониторинга состояния систем хранения различных криопродуктов. В качестве основной задачи дистанционного мониторинга рассматривается предоставление текущей информации для поддержки принятия решений лицами, ответственными за эксплуатацию криогенных сосудов. Также обеспечивается оповещение об аварийных ситуациях и накопление статистической информации о процессе бездренажного хранения. Ключевой особенностью предложенных решений является возможность учета внешних условий хранения (например, температуры окружающей среды), а также ретроспективной информации о процессе хранения (каким был предшествующий режим хранения: стационарным или транспортным), что существенно влияет на текущий прогноз по времени бездренажного хранения криопродукта.

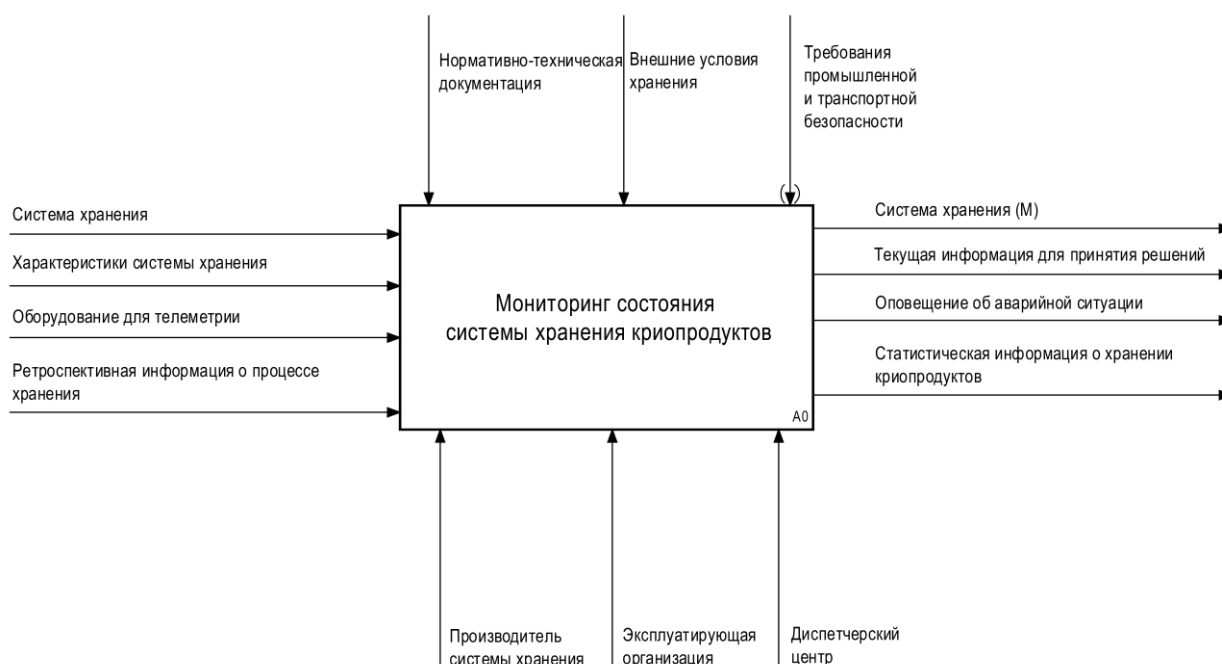


Рис. 1. Контекстная диаграмма функциональной модели мониторинга состояния системы хранения криопродуктов

Fig. 1. Context diagram of a functional model for monitoring the state of a cryogenic products storage system

Схема процесса мониторинга состояния систем хранения представлена на рис. 2. Исходя из опыта эксплуатации, было предложено разделить задачи по определению массива рабочих параметров хранения, а также возможных прогнозируемых значений параметров хранения, определяющихся, как правило, при помощи компьютерного моделирования, и вычисление текущих характеристик конкретного процесса в режиме реального времени.

По результатам моделирования производится накопление базы данных теплофизических параметров в виде значений давления хранения и температуры (см. рис. 3). Из этой информации после постобработки формируется массив данных по времени хранения для конкретных значений давления и уровня жидкости, из элементов которого впоследствии и определяется искомая величина прогнозируемого времени бездренажного хранения.

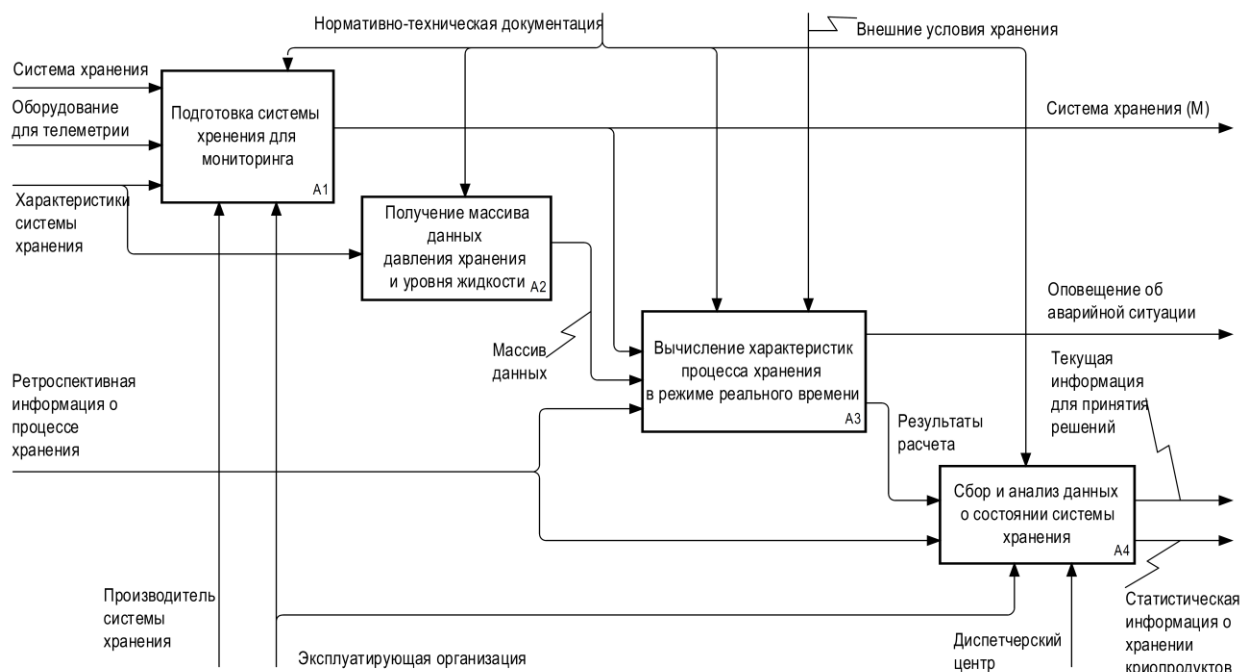


Рис. 2. Декомпозиция процесса мониторинга состояния систем хранения криопродуктов (индекс «М» относится к системе хранения после модернизации)

Fig. 2. Decomposition of the process of monitoring the condition of cryogenic products storage systems (index “M” refers to the storage system after modernization)

Методы накопления массивов данных по изменению параметров бездренажного хранения продукта с течением времени

Для получения массива данных давления хранения и уровня жидкости в зависимости от времени могут применяться следующие методы:

- экспериментальное исследование, в том числе с использованием метода обобщенных переменных [Barsi et al., 2008; Kang et al., 2017];
- численное исследование с применением методов вычислительной гидродинамики (Computational Fluid Dynamics или CFD);
- статистические методы.

Обработка статистических массивов данных по изменению давления в процессе бездренажного хранения может быть эффективна в среднесрочной перспективе после установки на определенное количество сосудов телеметрического оборудования. При этом для обеспечения работоспособности системы мониторинга отсутствует необходимость в проведении серии трудоемких вычислений.

Применение численного исследования для получения необходимых массивов данных позволяет существенно сократить объем экспериментальных исследований. Также при помощи CFD имеется возможность получить поля распределения интересующих параметров на режимах, для которых отсутствуют статистические данные, в частности, для аварийных режимов, тогда как проведение экспериментов на этих режимах является опасным или экономически нецелесообразным [Huerta et al., 2021; Ustolina et al., 2022]. При этом основными недостатками использования CFD являются необходимость проведения калибровки модели взаимодействия между фазами по экспериментальным или опытным данным, необходимость введения упрощений модели, в том числе в части описания компонентного состава жидкой и паровой фаз, ограниченный спектр режимов работы сосуда, для которых удастся получить корректное решение, а также повышенные требования к вычислительным ресурсам [Schlotke et al., 2008].

Модели межфазного взаимодействия в нестационарных расчетах течений в криогенном сосуде

Для получения полей распределения интересующих параметров криопродукта в замкнутой области сосуда требуется проведение расчета многофазного турбулентного течения в нестационарной постановке. Для моделирования двухфазного течения при наличии четкой границы раздела фаз «жидкость-газ» целесообразно применение метода объема жидкости (Volume-of-fluid method или сокращенно VOF) [Chen et al., 2016; Kartuzova et al., 2020].

Обе фазы продукта принимаются многокомпонентными смесями, включающими в свой состав химически не реагирующие друг с другом компоненты. Для многокомпонентной смеси уравнение переноса массовой доли запишется следующим образом:

$$\frac{\delta \rho_i \alpha_i Y_{i,j}}{\delta t} + \nabla \cdot (\rho_i \alpha_i Y_{i,j} \bar{V}_i) = \nabla \cdot (\rho_i \alpha_i D_i \nabla Y_{i,j}) + S_{i,j} + m_{i,j}^{tr}, \quad (1)$$

где ρ_i – плотность i -й фазы, α_i – объемная доля i -й фазы, V_i – скорость i -й фазы, $Y_{i,j}$ – массовая доля j -го компонента в i -й фазе, D_i – массовая диффузионная способность, $S_{i,j}$ – источниковый член, $m_{i,j}^{tr}$ – характеризует перенос компонента из одной фазы в другую.

При этом принимается допущение, что фазы находятся в равновесии на границе раздела фаз, а движущей силой процесса испарения является диффузия частиц. Фазовое равновесие описывается по закону Рауля [Saufi et al., 2019; Yang et al., 2021].

Скорость испарения k -го компонента определяется по формуле:

$$\dot{m}_k = -\rho_v D_{v,k} \left(\frac{\partial Y_{v,k}}{\partial n} \right) \bigg|_S \frac{1}{1 - Y_{v,k}^S}, \quad (2)$$

где ρ_v – плотность паровой фазы, $D_{v,k}$ – коэффициент диффузии, $Y_{v,k}$ – массовая доля k -го компонента в паровой фазе. Индекс S означает принадлежность к поверхности границы раздела фаз.

Выражение (2) применимо только при испарении одного компонента смеси, тогда как для моделирования испарения нескольких компонентов требуется применять более сложные модели [Strotos et al., 2016]. Ввиду достаточной точности получаемых результатов моделирования при рассмотрении вопроса испарения природного газа ограничились испарением только одного компонента – метана.

Численное исследование процессов тепломассообмена в системе хранения сжиженного природного газа

Рассмотрен пример проведения расчета распределения температуры и давления в процессе бездренажного хранения сжиженного природного газа. Ключевые этапы расчетного исследования приведены на рис. 3. Разработка дискретных моделей и вычисления проводились в программном комплексе CFD-моделирования STAR CCM+ 2022.1. Исходная геометрическая модель представлена на рис. 4. Диаметр расчетной области соответствует диаметру внутреннего сосуда (без стенок) стандартного мультимодального танк-контейнера для СПГ. Ввиду отсутствия на практике значительных градиентов скорости в осевом направлении сосуда (ось Z), для упрощения постановки задачи и экономии вычислительных ресурсов расчетная область выполнена квазидвумерной.

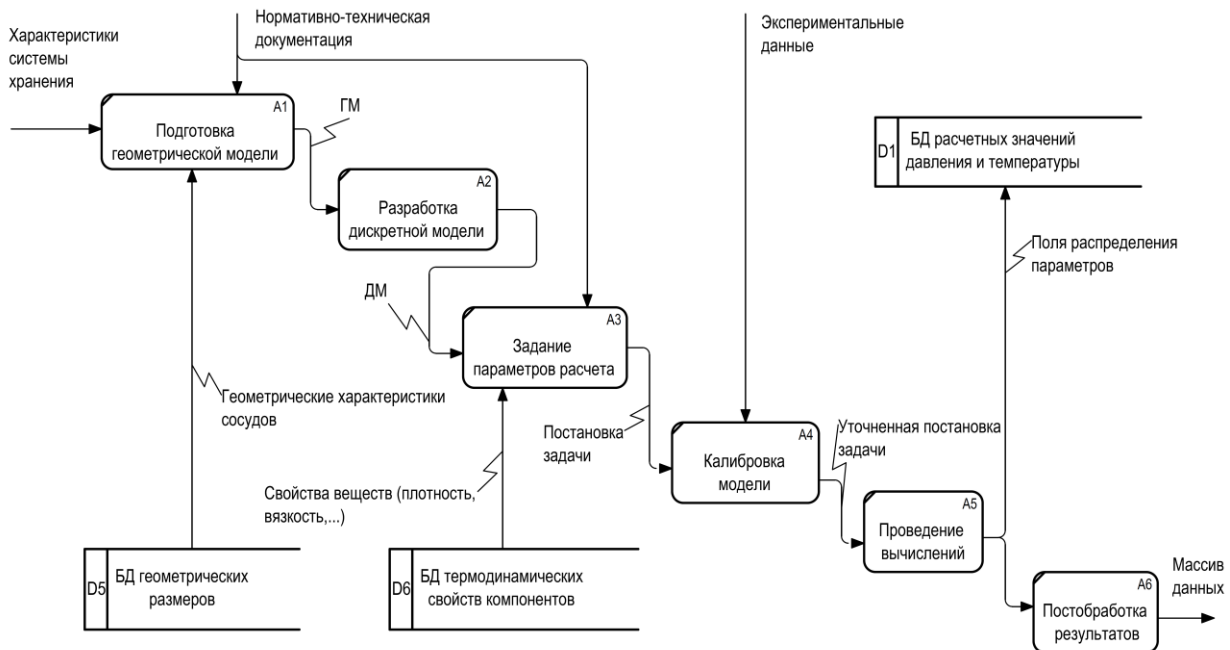


Рис. 3. Диаграмма информационных потоков при CFD-моделировании теплофизических процессов в криогенных сосудах

(БД – база данных; ГМ – геометрическая модель; ДМ – дискретная модель)

Fig. 3. Diagram of information flows during CFD modeling of thermophysical processes in cryogenic tank (DB – database; GM – geometric model; DM – discrete model)

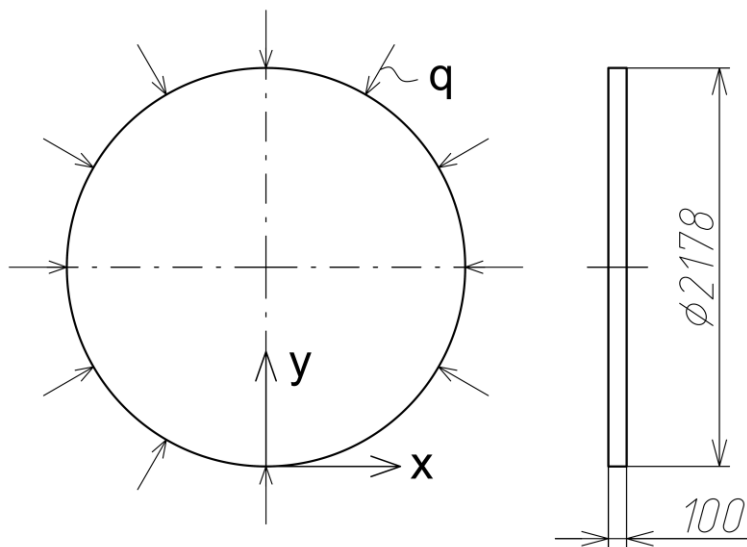


Рис. 4. Параметры геометрической модели

(x, y – направления координатных осей, q – тепловой поток к продукту через стенку)

Fig. 4. Parameters of geometric model

(x, y – directions of coordinate axes, q – heat flow to the product through the wall)

На рисунках 5 и 6 приведены примеры дискретных моделей, разработанных и использованных при проведении вычислений. Исследование проводилось на декартовых отсечных сетках, а также на полиэдральной расчетной сетке.

Исходными данными при задании граничных условий являлись данные о нормативных значениях теплопритока через изоляцию, указанные изготовителем сосудов в технической документации.

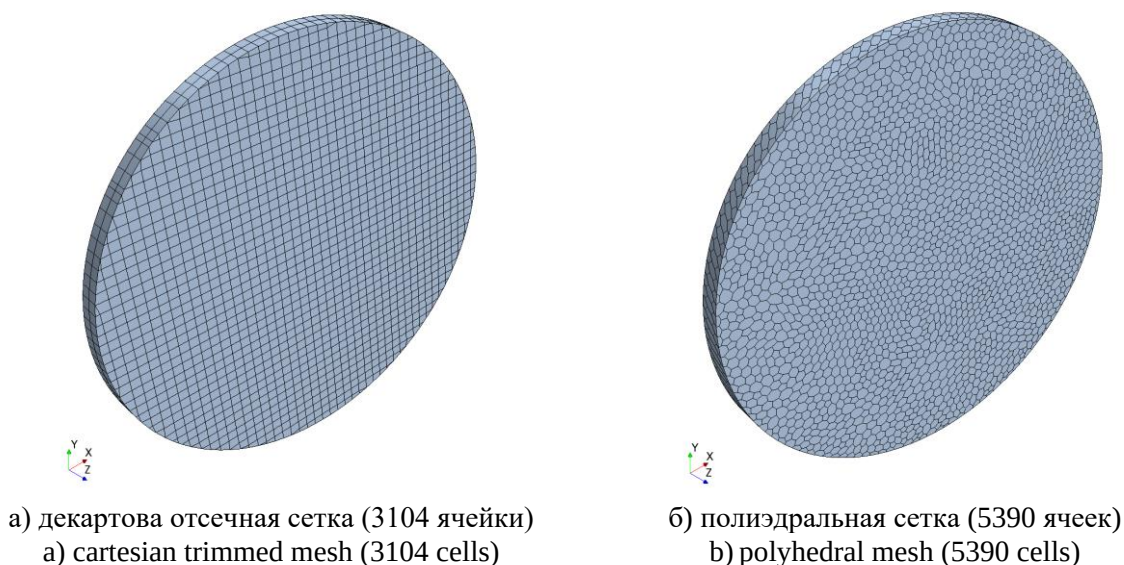


Рис. 5. Дискретные модели малой размерности
Fig. 5. Low-dimensional discrete models

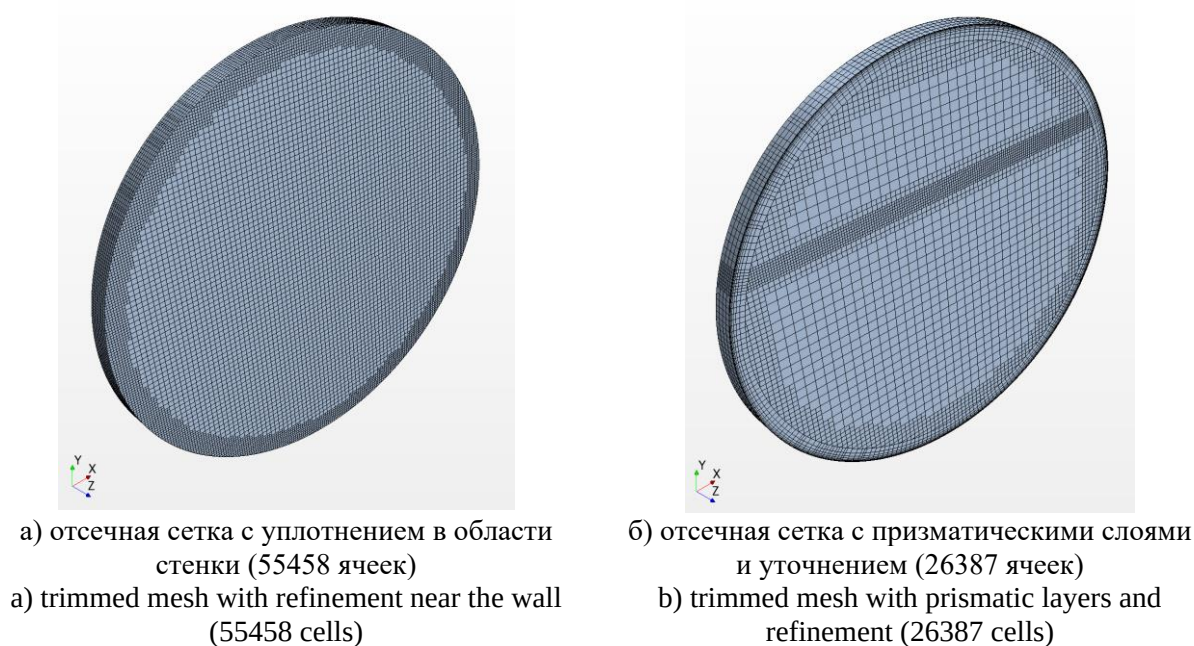


Рис. 6. Дискретные модели повышенной размерности
Fig. 6. High-dimensional discrete models

Также отдельно рассматривались случаи ухудшения условий теплоизоляции, которые неизбежно возникают с течением времени в любой системе хранения с вакуумной теплоизоляцией. В частности, нормативными значениями для танк-контейнеров с экранно-вакуумной теплоизоляцией можно считать значения удельного теплового потока через изоляцию $1...5 \text{ Вт/м}^2$, значения $6...10 \text{ Вт/м}^2$ соответствуют повышенным значениям, $>10 \text{ Вт/м}^2$ – существенная потеря вакуума и аварийные режимы эксплуатации.

Калибровочные расчеты для настройки модели испарения-конденсации при различных значениях удельного теплового потока к продукту через стенку необходимо проводить на дискретных моделях со сгущением сетки в области границы раздела фаз. Также могут быть использованы универсальные встроенные алгоритмы адаптивного уточнения сетки (Adaptive Mesh Refinement). Для предварительной оценки в первом

приближении температурного расслоения продукта при заданном значении теплового потока через стенку сосуда может использоваться постановка задачи с естественной конвекцией без подключения модели испарения-конденсации. При вычислениях используется модель турбулентности $k-\varepsilon$, хорошо зарекомендовавшая себя при расчетах течений в замкнутых объемах, где необходим учет естественной конвекции и сжимаемости среды [Солдатов, 2019].

На рис. 7 продемонстрировано влияние естественной конвекции на температурное расслоение в жидкой фазе. Наблюдается движение нагретой жидкости вверх вдоль боковых стенок сосуда и далее, вдоль поверхности раздела фаз «жидкость-пар». На поверхности раздела жидкость течет по направлению к центру сосуда, смешиваясь с более холодной жидкостью. В результате конвективного движения в верхней части сосуда образуется слой жидкости, в котором имеется существенный градиент температуры по высоте.

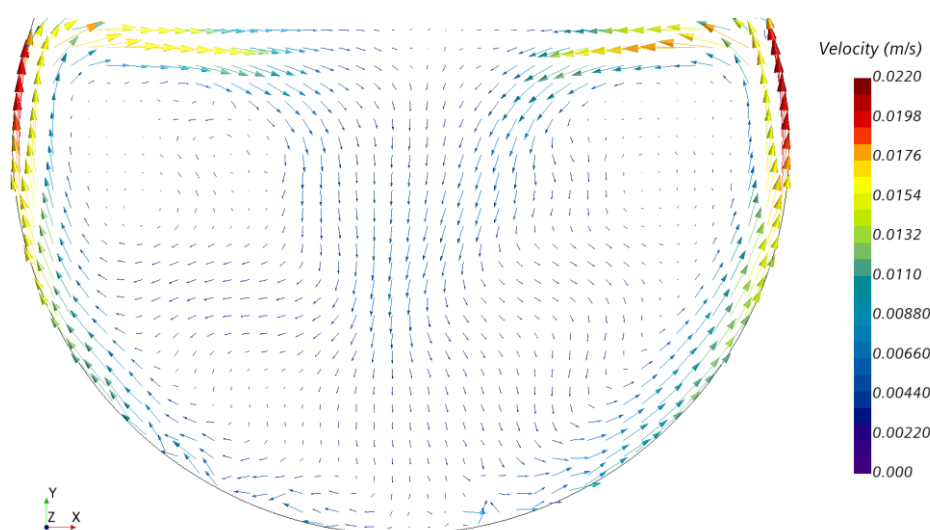


Рис. 7. Векторное поле скорости в жидкой фазе продукта
Fig. 7. Velocity vector field for liquid phase of the product

На рисунке 8 представлены типовые поля распределения давления и температуры в паровой и жидкой фазе продукта в процессе бездренажного хранения.

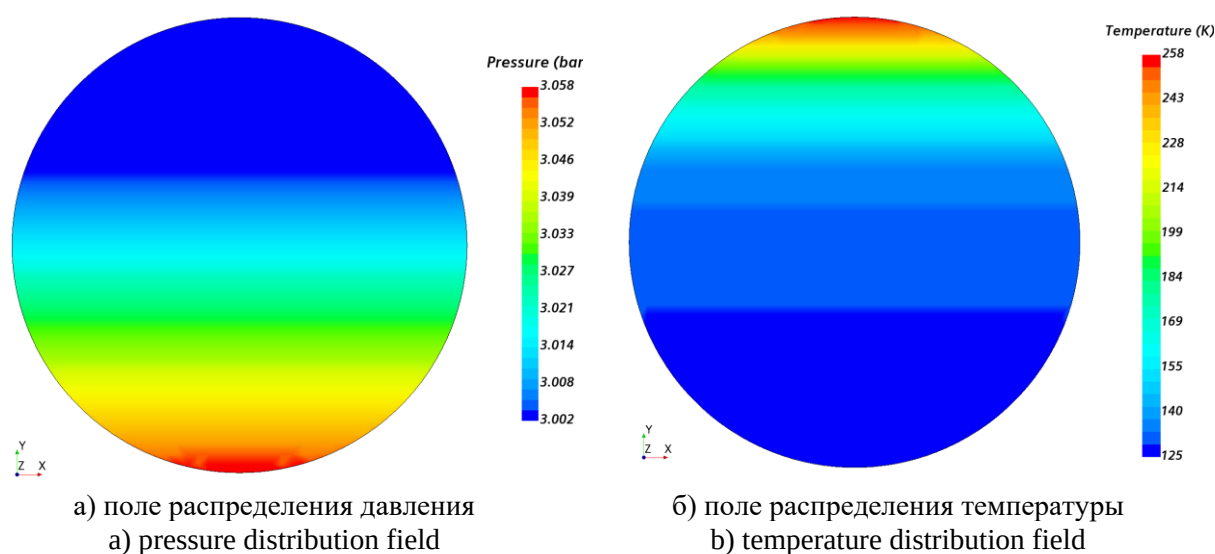


Рис. 8. Распределение параметров продукта в процессе хранения
Fig. 8. Distribution of product parameters during storage

На рисунке 9 представлены графики изменения давления в сосуде с течением времени при различных значениях уровня жидкости в сосуде. Как видно из результатов исследования, темп роста давления при заполнении сосуда жидкостью на 35 % превышает темп роста давления при уровне заполнения сосуда на 70 %, что учитывается при формировании массива результатов моделирования за счет приведения в соответствие каждому значению давления p_k и уровня жидкости L_k соответствующего значения времени хранения:

$$\tau_k \leftrightarrow \{p_k, L_k\}.$$

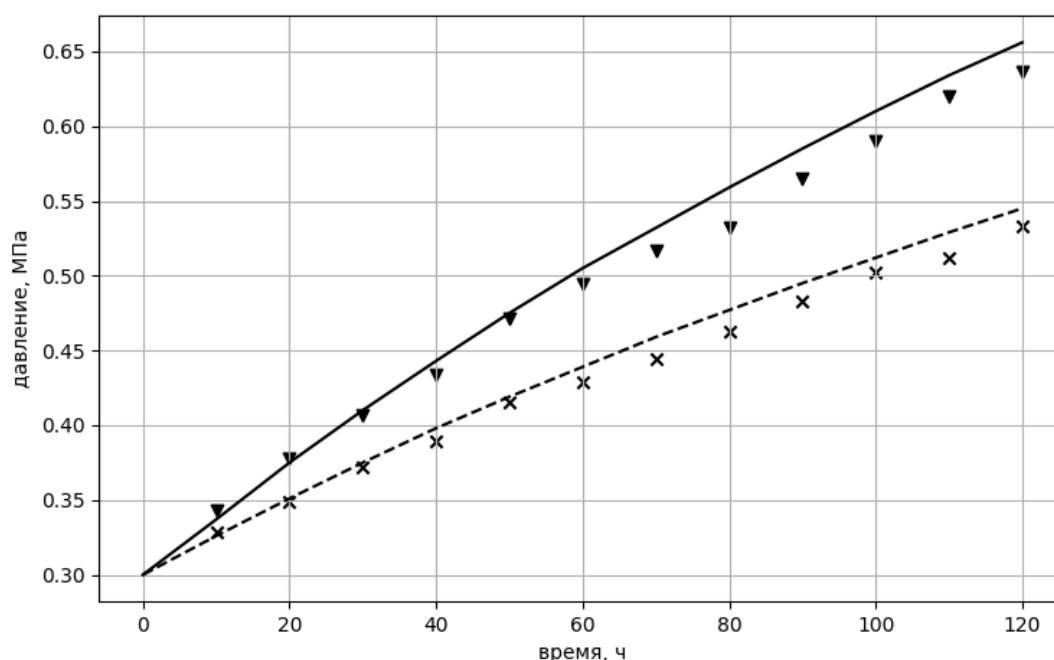


Рис. 9. Изменение давления в сосуде с течением времени

(— расчет, уровень жидкости 35 %; --- расчет, уровень жидкости 70 %;
▼ эксперимент, уровень жидкости 35 %; × эксперимент, уровень жидкости 70 %)

Fig. 9. Tank pressure changes over time

(— calculation, liquid level 35 %; --- calculation, liquid level 70 %.
▼ experiment, liquid level 35 %; × experiment, liquid level 70 %)

Заключение

Полученные картины течения согласуются с опытными данными и позволяют судить о правильности оценки температурного расслоения в сосуде, напрямую влияющего на темп роста давления.

Таким образом, использование предложенной функциональной модели мониторинга состояния криогенных систем хранения обеспечивает предоставление в режиме реального времени ответственным лицам текущей информации по параметрам бездренажного хранения криопродукта. Это позволяет своевременно принять превентивные меры по предотвращению потерь продукта в процессе хранения, а также не допустить возникновения взрывопожароопасной ситуации.

Внедрение в перспективе системы мониторинга в рамках определенного промышленного кластера, содержащего от нескольких десятков до нескольких сотен криогенных сосудов различного типа, позволит существенно повысить безопасность и эффективность производственных процессов.

Список литературы

- Архаров И.А. 2023. О необходимости возрождения криогенного машиностроения в России. Вестник Международной академии холода. № 1. С. 6–9.
- Исмагилова В.С., Чекушина Т.В. 2023. Транспортировка трубопроводного и сжиженного природного газа: сравнительный анализ достоинств и недостатков. Науки о Земле и недропользование. Т. 46. № 1 (82). С. 61–71. DOI: 10.21285/2686-9993-2023-46-1-61-71.
- Павлова О.Ю., Чекардовский С.М. 2022. Современные технологии и оборудование транспорта сжиженного природного газа в Российской Федерации. В сборнике: Нефтегазовый терминал. Материалы Международной научно-технической конференции. Тюмень. С. 108–113.
- Ряжских В.И., Сумин В.А., Хвостов А.А., Журавлев А.А., Семенихин О.А. 2020. Численное моделирование термоконцентрационной конвекции в криогенных резервуарах. Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-2020. Т. 5. С. 17–20.
- Солдатов Е.С. 2019. Вычислительный алгоритм прогнозирования времени бездренажного хранения криопродуктов в стационарных и транспортных сосудах. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 46(3). С. 485–495. DOI: 10.18413/2411-3808-2019-46-3-485-495.
- Barsi S., Kassemi. M. 2008. Numerical and experimental comparisons of the self-pressurization behavior of an LH2 tank in normal gravity. Cryogenics 48(3): 122–129. DOI: 10.1016/j.cryogenics.2008.01.003.
- Bo W., Ruoyin L., Hong C., et al. 2021. Characterization and Monitoring of Vacuum Pressure of Tank Containers with Multilayer Insulation for Cryogenic Clean Fuels Storage and Transportation. Applied Thermal Engineering. 187: 116569.
- Chen L., Ai B., Chen S., Liang G. 2016. Simulation of Self-Pressurization in Cryogenic Propellant Tank. 12th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics: 1068-1073.
- Huerta, F., Vesovic, V. 2021. CFD modelling of the isobaric evaporation of cryogenic liquids in storage tanks. International Journal of Heat and Mass Transfer, 176, 121419. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121419.
- Kang M., Kim J., You H., Chang. D. 2017. Experimental Investigation of Thermal Stratification in Cryogenic Tanks, Experimental Thermal and Fluid Science. DOI: 10.1016/j.expthermflusci.2017.12.017.
- Kartuzova O.V., Kassemi M., Umemura Y., Kinefuchi K., Himeno T. 2020. CFD Modeling of Phase Change and Pressure Drop during Violent Sloshing of Cryogenic Fluid in a Small-Scale Tank. AIAA Propulsion and Energy 2020 Forum. DOI: 10.2514/6.2020-3794.
- Lee D.-Y., Jo J.-S., Nyongesa A.J., Lee W.-J. 2023. Fatigue Analysis of a 40 ft LNG ISO Tank Container. Materials 2023, 16, 428. DOI: 10.3390/ma16010428.
- Saufi A., Calabria R., Chiariello F., Frassoldati A., Cuoci A., Faravelli T., Massoli P. 2019. An experimental and CFD modeling study of suspended droplets evaporation in buoyancy driven convection. Chemical Engineering Journal, 375, 122006. DOI: 10.1016/j.cej.2019.122006.
- Schlottke J., Weigand B. 2008. Direct numerical simulation of evaporating droplets. Journal of Computational Physics, 227(10): 5215–5237. DOI:10.1016/j.jcp.2008.01.042.
- Soldatov E., Bogomolov A. 2021. Decision Support Models and Algorithms for Remote Monitoring of the Equipment State. CEUR Workshop Proceedings. Сер. "ITIDMS 2021 – Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Information Technologies and Intelligent Decision Making Systems"" : 1–8.
- Strotos G., Malgarinos I., Nikolopoulos, N., Gavaises, M. 2016. Predicting the evaporation rate of stationary droplets with the VOF methodology for a wide range of ambient temperature conditions. International Journal of Thermal Sciences, 109: 253–262. DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2016.06.022.
- Soldatov E., Bogomolov A. 2022. Issues of energy-efficient storage of fuel in multimodal transport units. Smart Innovation, Systems and Technologies, 232: 393–402. DOI: 10.1007/978-981-16-2814-6_34
- Yang W., Xia J., Wang X.Y., Wan K.D., Megaritis A., Zhao H. 2021. Predicting evaporation dynamics of a multicomponent gasoline/ethanol droplet and spray using non-ideal vapour-liquid equilibrium models. International Journal of Heat and Mass Transfer, 168, 120876. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.120876.

References

- Arkharov I.A. 2023. On the need of the revival cryogenic engineering in Russia. *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*. No. 1: 6–9. (in Russian)
- Ismagilova V.S., Chekushina T.V. 2023. Transportation of pipeline and liquefied natural gas: comparative analysis of pros and cons. *Earth sciences and subsoil use*. Vol. 46. No. 1 (82): 61–71. (in Russian). DOI: 10.21285/2686-9993-2023-46-1-61-71.
- Pavlova O.Yu., Chekardovsky S.M. 2022. Modern technologies and equipment for the transport of liquefied natural gas in the Russian Federation. In: *Oil and gas terminal. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference*. Tyumen: 108–113. (in Russian).
- Ryazhskikh V.I., Sumin V.A., Khvostov A.A., Zhuravlev A.A., Semenikhin O.A. 2020. Numerical simulation of thermoconcentration convection in cryogenic tanks. *Mathematical methods in engineering and technology - MMTT-2020*. Vol. 5: 17–20. (in Russian).
- Soldatov E.S. 2019. Computational algorithm for predicting the time of non-drain cryoproducts storage in stationary and transport vessels. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies*. 46 (3): 485–495 (in Russian). DOI: 10.18413/2411-3808-2019-46-3-485-495.
- Barsi S., Kassemi. M. 2008. Numerical and experimental comparisons of the self-pressurization behavior of an LH2 tank in normal gravity. *Cryogenics* 48(3): 122–129. DOI: 10.1016/j.cryogenics.2008.01.003.
- Bo W., Ruoyin L., Hong C., et al. 2021. Characterization and Monitoring of Vacuum Pressure of Tank Containers with Multilayer Insulation for Cryogenic Clean Fuels Storage and Transportation. *Applied Thermal Engineering*. 187: 116569.
- Chen L., Ai B., Chen S., Liang G. 2016. Simulation of Self-Pressurization in Cryogenic Propellant Tank. *12th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics*: 1068-1073.
- Huerta F., Vesovic V. 2021. CFD modelling of the isobaric evaporation of cryogenic liquids in storage tanks. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 176, 121419. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121419.
- Kang M., Kim J., You H., Chang. D. 2017. Experimental Investigation of Thermal Stratification in Cryogenic Tanks, *Experimental Thermal and Fluid Science*. DOI: 10.1016/j.expthermflusci.2017.12.017.
- Kartuzova O.V., Kassemi M., Umemura Y., Kinefuchi K., Himeno T. 2020. CFD Modeling of Phase Change and Pressure Drop during Violent Sloshing of Cryogenic Fluid in a Small-Scale Tank. *AIAA Propulsion and Energy 2020 Forum*. DOI: 10.2514/6.2020-3794.
- Lee D.-Y., Jo J.-S., Nyongesa A.J., Lee W.-J. 2023. Fatigue Analysis of a 40 ft LNG ISO Tank Container. *Materials* 2023, 16, 428. DOI: 10.3390/ma16010428.
- Saufi A., Calabria R., Chiariello F., Frassoldati A., Cuoci A., Faravelli T., Massoli P. 2019. An experimental and CFD modeling study of suspended droplets evaporation in buoyancy driven convection. *Chemical Engineering Journal*, 375, 122006. DOI: 10.1016/j.cej.2019.122006.
- Schlottke J., Weigand B. 2008. Direct numerical simulation of evaporating droplets. *Journal of Computational Physics*, 227(10): 5215–5237. DOI:10.1016/j.jcp.2008.01.042.
- Soldatov E., Bogomolov A. 2021. Decision Support Models and Algorithms for Remote Monitoring of the Equipment State. *CEUR Workshop Proceedings*. Cep. "ITIDMS 2021 – Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Information Technologies and Intelligent Decision Making Systems"" : 1-8.
- Strotos G., Malgarinos I., Nikolopoulos N., Gavaises M. 2016. Predicting the evaporation rate of stationary droplets with the VOF methodology for a wide range of ambient temperature conditions. *International Journal of Thermal Sciences*, 109: 253–262. DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2016.06.022.
- Soldatov E., Bogomolov A. 2022. Issues of energy-efficient storage of fuel in multimodal transport units. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 232: 393–402. DOI: 10.1007/978-981-16-2814-6_34
- Yang W., Xia J., Wang X.Y., Wan K.D., Megaritis A., Zhao H. 2021. Predicting evaporation dynamics of a multicomponent gasoline/ethanol droplet and spray using non-ideal vapour-liquid equilibrium models. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 168, 120876. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.120876.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.



Поступила в редакцию 20.09.2023

Received September 20, 2023

Поступила после рецензирования 15.02.2024

Revised February 15, 2024

Принята к публикации 29.02.2024

Accepted February 29, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Солдатов Евгений Сергеевич, кандидат технических наук, научный сотрудник, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Evgeny S. Soldatov, Candidate of Technical Sciences, researcher at Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

УДК 004.45

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-169-177

Интеллектуальная система автоматического подбора соусов для различных блюд на основе онтологии и логического вывода

Луценко В.Д., Матюшечкин Д.С.

Волгоградский государственный технический университет

Россия, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28

E-mail: vladluzenko@gmail.com

Аннотация. Статья описывает разработку интеллектуальной системы автоматического подбора соусов для разных блюд, используя онтологию и логический вывод. Система помогает определить наиболее подходящий соус, исходя из типа блюда и кулинарной культуры. Особое внимание уделено использованию технологий семантического веба и логического программирования для точности рекомендаций. Приводятся примеры блюд и соусов, а также правила для их подбора. Техническая реализация системы включает использование формата RDF для структурированного представления данных, а также интеграцию системы в повседневную жизнь, используя Ruby и Java для клиентской и серверной частей соответственно. Подчеркивается возможность адаптации системы для различных кулинарных нужд и перспективы её развития. Статья также акцентирует внимание на важности интеграции такой системы в мобильные и веб-приложения, делая её доступной для широкой аудитории. Обсуждается потенциал использования системы в ресторанном бизнесе для улучшения качества обслуживания и повышения удовлетворенности клиентов. Предложения по дальнейшему усовершенствованию включают интеграцию с системами искусственного интеллекта для более глубокого анализа предпочтений пользователей и адаптации рекомендаций. Таким образом, статья охватывает не только технические аспекты разработки, но и практическое применение системы в реальных условиях.

Ключевые слова: интеллектуальная система, рекомендация, соус, онтология, логический вывод, кулинарное искусство, алгоритм, семантический веб, интеграция, ruby, java

Для цитирования: Луценко В.Д., Матюшечкин Д.С. 2024. Интеллектуальная система автоматического подбора соусов для различных блюд на основе онтологии и логического вывода. Экономика. Информатика. 51(1): 169–177. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-169-177

Intelligent System for Automatic Selection of Sauces for Various Dishes Based on Ontology and Logical Inference

Vladislav D. Lutsenko, D.S. Matyushechkin

Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia

E-mail: vladluzenko@gmail.com

Abstract. The article discusses the development of an intelligent system for automatic selection of sauces for various dishes using ontology and logical inference. The system aids in identifying the most suitable sauce based on dish type and culinary culture. It emphasizes the use of semantic web technologies and logical programming for accurate recommendations. Examples of dishes and sauces are provided, along with selection rules. The system's technical implementation includes RDF format for structured data representation and integration into everyday life using Ruby and Java for client and server parts, respectively. It



highlights the system's adaptability for various culinary needs and development prospects. Additionally, the article focuses on the importance of integrating such a system into mobile and web applications for broader accessibility. It discusses the potential for use in the restaurant business to improve service quality and customer satisfaction. Future enhancements involve integrating with artificial intelligence systems for deeper analysis of user preferences and recommendation adaptations, covering both technical aspects and practical application in real-life scenarios.

Keywords: intelligent system, recommendation, sauce, ontology, logical conclusion, culinary art, algorithm, semantic web, integration, ruby, java

For citation: Lutsenko V.D., Matyushechkin D.S. 2024. Intelligent System for Automatic Selection of Sauces for Various Dishes Based on Ontology and Logical Inference. Economics. Information technologies. 51(1): 169–177. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-169-177

Введение

Выбор соуса является важным аспектом кулинарного искусства и может существенно повлиять на вкусовые качества блюда. В данной статье представлена система, которая автоматизирует этот процесс, предоставляя рекомендации на основе предварительно заданных правил и онтологии [Smith, Brown, 2020]. Основной акцент делается на применении технологий семантического веба [Lopez, Gómez-Pérez, 2018; Liu, Lee, 2020], а также логического программирования для обеспечения высокой точности и гибкости рекомендаций. Система также может быть адаптирована для предложения не только соусов, но и других ингредиентов или даже блюд.

Онтология

Онтология позволяет организовывать неоднородные концепты предметной области и гибко настраивать связи между ними. Разработанная для автоматического подбора соуса к блюду онтология включает в себя различные типы блюд, кулинарные культуры, время приема пищи, а также ингредиенты.

В табл. 1 представлены примеры блюд и их атрибутов, содержащихся в онтологии.

Таблица 1
Table 1

Пример данных онтологии системы
Example of system ontology data

Блюдо	Тип	Кухня	Основные Ингредиенты
Мясо	Мясной	Европейская	Говядина, Специи
Рыба	Рыбный	Средиземноморская	Лосось, Лимон
Паста	Мучной	Итальянская	Макароны, Томатный соус
Стейк	Мясной	Европейская	Говядина
Суши	Рыбный	Азиатская	Тунец, Рис
Бургер	Мясной	Американская	Говядина, Хлеб
Борщ	Овощной	Русская	Свекла, Капуста

Правила логического вывода

Примеры правил, на основе которых автоматически создаются связи между блюдами и подходящими к ним соусами, продемонстрированы в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Пример правил системы

Тип блюда	Кухня	Основные ингредиенты	Время приема пищи	Рекомендуемый соус	Не рекомендуется
Мясной	Европейская	Говядина	Ужин	Барбекю	-
Рыбный	Средиземноморская	Лосось	Обед	Тартар	Бешамель, Сметана
Десерт	-	-	-	-	Шприча
Рыбный	-	-	-	-	Молочные соусы (Бешамель, Сметана)
-	-	Молоко	-	-	Соевый

Визуализация онтологии

В этом разделе представлена визуализация части онтологии, разработанной для проекта. На изображении ниже показаны ключевые концепты и их связи, которые обеспечивают структурное представление знаний в данной области.

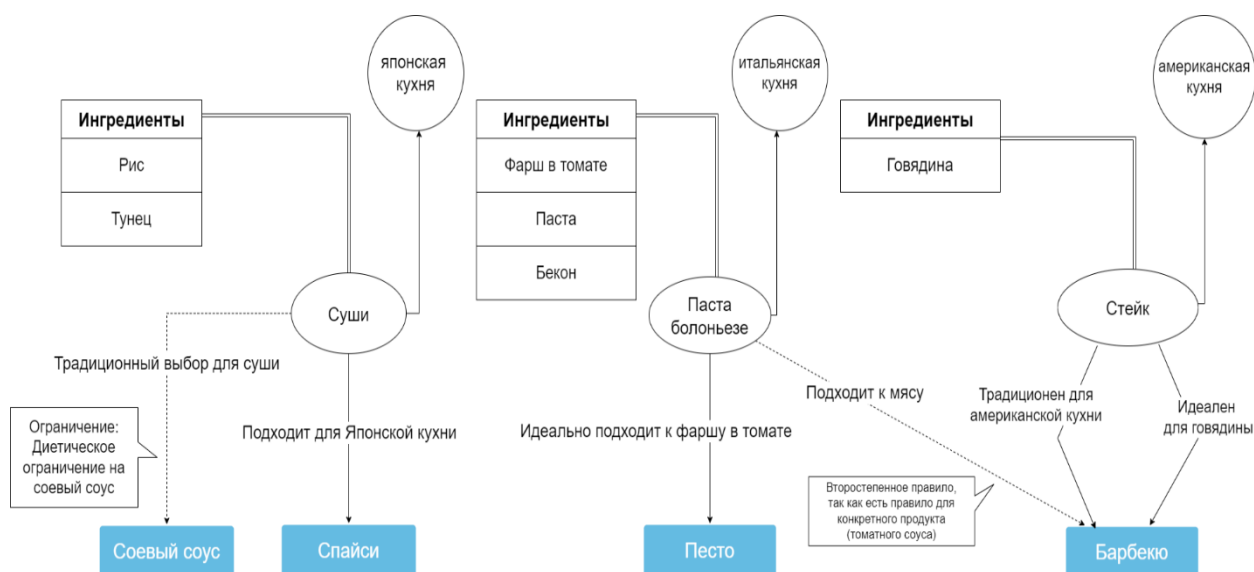


Рис. 1. Фрагмент диаграммы сущностей и их связей
Fig. 1. A fragment of the diagram of entities and their relationships

Диаграмма на рис. 1 является фрагментом обширной онтологии, демонстрирующей механизм выбора соусов для определённых блюд. Она иллюстрирует три ключевых случая принятия решений в системе рекомендации:

Случай с ограничением: Суши традиционно подаются с соевым соусом, однако на диаграмме показано, что из-за диетического ограничения на соевый соус был выбран альтернативный вариант – спайси соус.

Случай с приоритетным правилом: Паста болоньезе могла бы быть подана с барбекю, но выбор пал на более подходящий по правилам соус – в данном примере песто идеально сочетается с фаршем в томате, что делает его более предпочтительным.

Случай, когда все правила указывают на один соус: Стейк традиционно подается с барбекю соусом, который идеально сочетается с говядиной и подходит под кулинарные традиции американской кухни, что подтверждается правилами онтологии.

Легенда диаграммы:

Сплошные стрелки обозначают выбор соуса в соответствии с правилами онтологии.

Пунктирные стрелки указывают на то, что соус мог бы быть выбран по традиции или по первичным правилам, но не был из-за наличия более сильного ограничения или приоритетного правила.

Этот фрагмент наглядно демонстрирует, как система учитывает множество переменных и налагает ограничения или предпочтения, чтобы определить наиболее подходящий соус для каждого конкретного блюда. Это подчеркивает гибкость и сложность онтологической системы рекомендаций, где каждое решение является результатом многоуровневого анализа ингредиентов, кулинарных традиций и диетических ограничений.

Техническая реализация онтологии в нашей системе использует формат RDF для структурированного представления данных. Основные компоненты онтологии включают:

rdf:Description: Определяет сущность (например, блюдо «Помидоры Фаршированные Рисом»), служит контейнером для её характеристик.

rdfs:comment: Текстовое описание сущности, предоставляющее дополнительную информацию.

ex:hasMealTime: Атрибут, указывающий время приема пищи (например, «Обед»). Отражает контекст употребления блюда.

ex:hasType: Атрибут, описывающий тип блюда (например, «Овощной»). Используется для классификации блюд по их основным характеристикам.

ex:hasCuisine: Атрибут, определяющий кулинарную принадлежность блюда (например, «Итальянская»). Помогает в выборе соусов и добавок, соответствующих определенной кухне.

ex:hasIngredient: Свойство, связывающее блюдо с его ингредиентами. Позволяет детализировать состав блюда и его пищевые качества.

```
<!-- Помидоры Фаршированные Рисом -->
<rdf:Description rdf:about="http://example.com/StuffedTomatoes">
  <rdfs:comment>Помидоры Фаршированные Рисом</rdfs:comment>
  <ex:hasMealTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Обед</ex:hasMealTime>
  <ex:hasType rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Овощной</ex:hasType>
  <ex:hasCuisine rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Итальянская</ex:hasCuisine>
  <ex:hasIngredient rdf:resource="http://example.com/Tomatoes"/>
  <ex:hasIngredient rdf:resource="http://example.com/Rice"/>
  <ex:hasIngredient rdf:resource="http://example.com/Garlic"/>
  <ex:hasIngredient rdf:resource="http://example.com/Onion"/>
  <ex:hasIngredient rdf:resource="http://example.com/Carrot"/>
  <ex:hasIngredient rdf:resource="http://example.com/Greens"/>
</rdf:Description>
```

Рис. 2. Фрагмент реализованного пункта онтологии
Fig. 2. Fragment of the implemented point of the ontology

Также у каждого блюда есть сверху классический комментарий в формате `<!-- название блюда на русском языке -->` – это не только помогает понимать, что это за блюдо описано, но и является маркером для заселения базы данных, так как тут хранится русское название, которое мы на клиентской стороне показываем пользователю.

Пример правил:

```
# Не рекомендовать молочные соусы для рыбных блюд
[(?dish ex:hasType «Рыбный») -> (?dish ex:notRecommendedSauce «Бешамель»)]
[(?dish ex:hasType «Рыбный») -> (?dish ex:notRecommendedSauce «Сметана»)]

# Если итальянское блюдо «Помидоры Фаршированные Рисом» употребляется на обед, то
```

рекомендован соус «Маринара»

```
[(?dish ex:hasType «Овощной») (?dish ex:hasCuisine «Итальянская») (?dish ex:hasIngredient ex:Tomatoes) (?dish ex:hasIngredient ex:Rice) (?dish ex:hasMealTime «Обед») -> (?dish ex:thenRecommendedSauce «Маринара»)]
```

В примере мы видим правило о молочных соусах для рыбных блюд: Если блюдо классифицируется как «Рыбное» (ex:hasType «Рыбный»), то система автоматически не рекомендует использование молочных соусов, таких как «Бешамель» и «Сметана». Это правило предотвращает предложение соусов, традиционно не сочетаемых с рыбой.

Также видно правило о соусе «Маринара» для итальянского блюда «Помидоры Фаршированные Рисом»: Если блюдо является овощным (ex:hasType «Овощной»), относится к итальянской кухне (ex:hasCuisine «Итальянская»), содержит помидоры и рис (ex:hasIngredient ex:Tomatoes и ex:Rice), и предназначено для обеда (ex:hasMealTime «Обед»), то система рекомендует соус «Маринара». Это правило учитывает тип блюда, его кулинарную культуру и ингредиенты для определения подходящего соуса.

Такие правила позволяют системе делать точные и культурно соответствующие рекомендации, улучшая кулинарный опыт пользователя.

Логический вывод

Логический вывод в системе рекомендации осуществляется с помощью специализированных алгоритмов, которые анализируют информацию о блюде и доступных соусах, а также пользовательские предпочтения. На основании этого анализа система генерирует рекомендации, соответствующие заданным критериям.

Примером правила логического вывода может служить: «Если блюдо является мясным и имеет пряный вкус, то рекомендуется соус с умеренной остротой». Эти правила основаны на кулинарных традициях и могут быть дополнены или изменены в зависимости от пользовательских отзывов и анализа популярности сочетаний.

База данных

База данных играет ключевую роль в системе рекомендации соусов, храня информацию о блюдах, необходимую для процесса рекомендации. Модель Dish в базе данных содержит поля name и ontology_name, которые заполняются через процедуру seeding. Seeding производится путем парсинга файлов онтологии с использованием библиотеки RDF в Ruby. Во время этого процесса данные о блюдах извлекаются из онтологического файла формата RDF/XML и трансформируются в записи модели Dish. Каждая запись соответствует уникальному блюду и включает в себя его название и связанные с ним онтологические данные. Эти данные затем используются в RecommendationsController Ruby приложения для формирования запросов на Java-сервис, которые включают в себя имя и онтологическое имя блюда. В свою очередь, Java-сервис использует эту информацию для логического вывода и генерации рекомендаций соответствующих соусов, обеспечивая таким образом целостность и актуальность предоставляемых данных в процессе рекомендации.

Архитектура системы

Система реализована с использованием Java для серверной части и Ruby для клиентской [Smith, Brown, 2020; Zhang, Wang, 2021]. Это обеспечивает высокую производительность и удобство интеграции с различными платформами.

Система автоматического подбора соусов представляет собой многоуровневую архитектуру, включающую клиентскую и серверную части. Серверная часть разработана на Java, предоставляя надёжную и масштабируемую платформу для обработки запросов и

выполнения логического вывода. Эта часть системы отвечает за обработку данных, полученных от клиента, и возвращение рекомендаций на основе онтологии и алгоритмов логического вывода.

Клиентская часть реализована на Ruby, предлагая гибкий и удобный интерфейс для пользователя. Она включает в себя функции для ввода данных о блюде, выбора предпочтений и получения рекомендаций от сервера. Взаимодействие между клиентом и сервером осуществляется через REST API, обеспечивая лёгкую интеграцию и расширяемость системы.

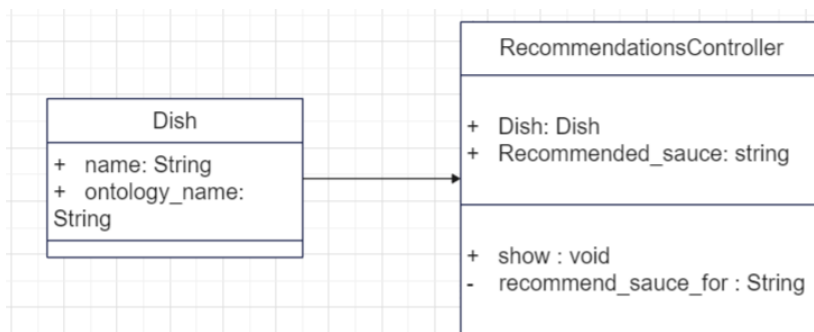


Рис. 3. Диаграмма классов Ruby – части приложения
 Fig. 3. Class diagram of the Ruby part of the application

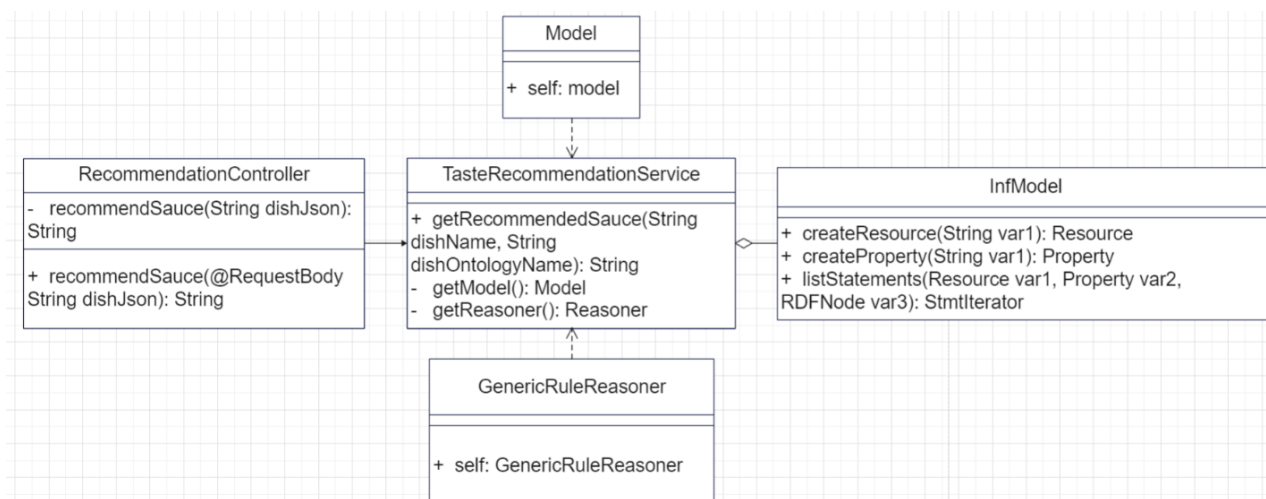


Рис. 4. Диаграмма классов Java – части приложения
 Fig. 4. Class diagram of the Java part of the application

На рис. 3 представлена диаграмма классов Ruby приложения. Класс `RecommendationsController` взаимодействует с моделью `Dish`, получая из неё данные для формирования запроса. Запрос отправляется на Java-сервис, который обрабатывает данные и возвращает рекомендации по соусам.

Рис. 4 иллюстрирует диаграмму классов Java приложения, где `TasteRecommendationService` играет центральную роль в обработке запросов. Этот сервис использует библиотеку Apache Jena для логического вывода, в частности, классы `Model` и `Reasoner`. Метод `getRecommendedSauce` вызывает `getModel` для получения текущего состояния онтологической модели и `getReasoner` для применения правил вывода, загруженных из внешних файлов правил. `GenericRuleReasoner` используется для создания рассуждения на основе этих правил, а `InfModel` – для выполнения запросов к модели и получения рекомендаций. Взаимодействие между `TasteRecommendationService` и классами Jena отображено через связи зависимости, подчеркивающие, что логический вывод основан на данных, представленных в онтологии RDF.

Таким образом, обе диаграммы вместе демонстрируют полный процесс получения рекомендаций соуса от начального пользовательского запроса в Ruby приложении до логического вывода и генерации ответа в Java приложении.

Java приложение включает класс RecommendationController, который принимает JSON-запросы, производит логический вывод с использованием онтологии и правил Jena, и возвращает рекомендуемый соус. Сервис TasteRecommendationService инкапсулирует логику обработки данных и взаимодействия с онтологической моделью, используя классы Model и Reasoner для работы с RDF и выполнения запросов.



Рис. 5. Диаграмма вариантов использования Ruby и Java приложения
Fig. 5. Diagram of Ruby and Java application use cases

На рис. 5 представлена диаграмма взаимодействия, иллюстрирующая процесс взаимодействия между пользователем и системой рекомендации соусов. Пользователь инициирует взаимодействие, отправляя запрос на получение рекомендации соуса через фронтенд Ruby приложения. Запрос передается в бэкенд, где RecommendationController преобразует данные о блюде в JSON-формат и направляет их на Java-сервис. В Java-приложении RecommendationController обрабатывает поступивший запрос, выполняет логический вывод с помощью онтологической модели и возвращается с рекомендацией соответствующего соуса. Полученный ответ отправляется обратно в Ruby приложение, откуда пользователь получает окончательную рекомендацию. Таким образом, диаграмма отражает цепочку действий от запроса до получения рекомендации, подчеркивая роль пользователя как инициатора взаимодействия и системы рекомендации как обработчика запросов.

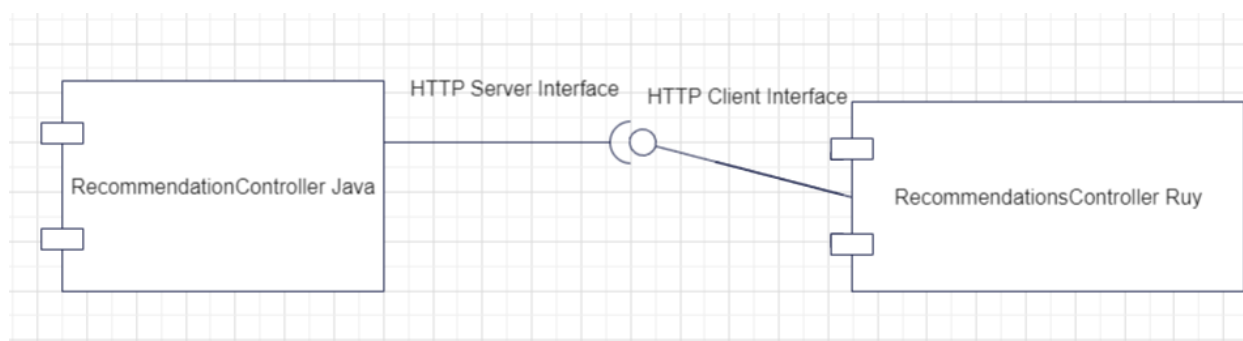


Рис. 6. Диаграмма компонентов Ruby и Java приложения
Fig. 6. Diagram of Ruby and Java application components

На рис. 6 представлены основные элементы системы рекомендаций, включая сервер с Ruby-приложением и сервер с Java-приложением. Ruby-приложение использует HTTP клиентский интерфейс для отправки запросов на Java-сервер, который обрабатывает эти запросы через свой HTTP серверный интерфейс. Java-приложение также взаимодействует с файлами правил Jena и онтологией RDF для генерации рекомендаций. Эта интеграция обеспечивает динамичное и гибкое решение для автоматизированных кулинарных рекомендаций.

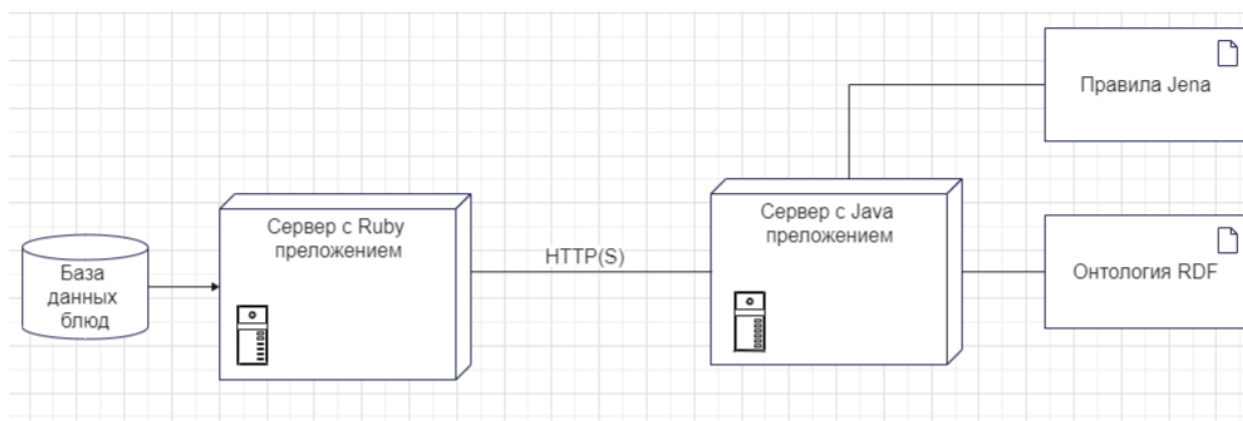


Рис. 7. Диаграмма развертывания приложения
Fig. 7. Application deployment diagram

На рис. 7 диаграмма показывает физическую структуру системы, в которой сервер с Ruby-приложением и сервер с Java-приложением соединены через HTTPS. База данных подключена к Ruby-серверу, обеспечивая хранение и управление кулинарными данными. На сервере с Java-приложением размещены файлы с правилами Jena и файлы онтологии RDF, которые используются для логического вывода и обеспечения рекомендаций. Эта конфигурация поддерживает высокую производительность и надёжность системы.

Заключение

Разработанная система демонстрирует, как можно эффективно использовать онтологии и правила логического вывода для создания интеллектуальных систем. Применение данной системы может найти широкое применение в кулинарных сервисах, ресторанах, и даже для персонального использования. В будущем планируется развитие системы путем внедрения дополнительных параметров для рекомендаций, таких как индивидуальные диетические ограничения или сезонные предложения.

Список литературы

- Иванов А.Б., Петров В.С. 2019. Развитие интеллектуальных систем в ресторанном бизнесе. Инженерный вестник Дона, 22(3), 156–162.
- Смирнова Е.В. 2020. Применение онтологий для улучшения качества обслуживания в ресторанах. Инженерный вестник Дона, 23(1), 88–95.
- Fernandez M., Lopez V. 2022. Enhancing Food Experience with AI-Driven Sauce Pairing. Journal of Culinary Science & Technology. DOI: 10.1080/15428052.2022.1654307. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15428052.2022.1654307>
- Gupta S., Khan M. 2019. Application of Logic Programming in Food Recipe Recommendation. Journal of Applied Logic, 35, 73–81.
- Liu H., Lee C. 2020. Developing a Smart Sauce Recommendation System Using Machine Learning. International Journal of Gastronomy and Food Science, 17, 82–89.
- Lopez V., Gómez-Pérez A. 2018. Advances in Ontology-Based Logical Data Processing. Journal of Web Semantics, 13(3), 45–60.
- Patel R.K., Kumar S. 2019. Semantic Web Technologies in Intelligent Food Recommendation Systems. International Journal of Computer Science, 24(4), 234–241.
- Smith J., Brown A. 2020. Ontology-Based Data Integration in Culinary Arts. Journal of Food Technology and Science, 15(2), 112–119.
- Thompson R., Davis H. 2021. Use of Ontologies in Creating Interactive Culinary Systems. Journal of Computer and System Sciences, 62(1), 97–103. DOI: 10.1016/j.jcss.2020.05.007. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002200002030067X>
- Zhang Y., Wang X. 2021. Artificial Intelligence in the Food Industry: A Review. Journal of Food Science and Technology, 58(1), 39–49.

References

- Ivanov A.B., Petrov V.S. 2019. Razvitie intellektual'nykh sistem v restorannom biznese [Development of Intelligent Systems in the Restaurant Business]. *Inzhenernyi vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], 22(3), 156–162.
- Smirnova E.V. 2020. Primenenie ontologii dlya uluchsheniya kachestva obsluzhivaniya v restoranakh [Application of Ontologies to Improve the Quality of Service in Restaurants]. *Inzhenernyi vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], 23(1), 88–95.
- Fernandez M., Lopez V. 2022. Enhancing Food Experience with AI-Driven Sauce Pairing. *Journal of Culinary Science & Technology*. DOI: 10.1080/15428052.2022.1654307. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15428052.2022.1654307>
- Gupta S., Khan M. 2019. Application of Logic Programming in Food Recipe Recommendation. *Journal of Applied Logic*, 35, 73–81.
- Liu H., Lee C. 2020. Developing a Smart Sauce Recommendation System Using Machine Learning. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 17, 82–89.
- Lopez V., Gómez-Pérez A. 2018. Advances in Ontology-Based Logical Data Processing. *Journal of Web Semantics*, 13(3), 45–60.
- Patel R.K., Kumar S. 2019. Semantic Web Technologies in Intelligent Food Recommendation Systems. *International Journal of Computer Science*, 24(4), 234–241.
- Smith J., Brown A. 2020. Ontology-Based Data Integration in Culinary Arts. *Journal of Food Technology and Science*, 15(2), 112–119.
- Thompson R., Davis H. 2021. Use of Ontologies in Creating Interactive Culinary Systems. *Journal of Computer and System Sciences*, 62(1), 97–103. DOI: 10.1016/j.jcss.2020.05.007. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002200002030067X>
- Zhang Y., Wang X. 2021. Artificial Intelligence in the Food Industry: A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 58(1), 39–49.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 19.12.2023

Received December 19, 2023

Поступила после рецензирования 01.02.2024

Revised February 01, 2024

Принята к публикации 29.02.2024

Accepted February 29, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Луценко Владислав Денисович, студент магистратуры кафедры "Программное обеспечение автоматизированных систем", Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

Матюшечкин Дмитрий Сергеевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры "Программное обеспечение автоматизированных систем", Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vladislav D. Lutsenko, graduate student at the Department of "Software for Automated Systems" of Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

Dmitry S. Matyushechkin, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Software for Automated Systems, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

УДК 004.891.2

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-178-188

О выборе параметров восстановления крупногабаритного оборудования

Явурик О.В., Петина М.А., Явурик В.В.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г.Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: yavurik@bsu.edu.ru, petina_m@bsu.edu.ru

Аннотация. Восстановление крупногабаритного оборудования является сложным и многофакторным процессом, который требует учета множества параметров и условий. В статье описана разработка экспертной системы для выбора параметров восстановления крупногабаритного оборудования, позволяющей определить параметры обработки при заданных критериях. Разработана онтология предметной области: проведен предварительный анализ, построен оргграф предметной области. Определены основные понятия предметной области. Установлены входные и выходные данные системы. Выбрана программная оболочка для разработки экспертной системы с удобным и эргономичным интерфейсом. Составлен перечень вопросов с допустимыми ответами. Разработан проект базы знаний, включающей в себя набор фреймов и правил. Построено дерево решений для предметной области. Разработана и протестирована экспертная система для выбора параметров восстановления крупногабаритного оборудования. Составлена таблица объяснений полученных выводов экспертной системы.

Ключевые слова: экспертная система, база знаний, фреймовая модель представления знаний, поддержка принятия решений, параметры восстановления, крупногабаритное оборудование

Для цитирования: Явурик О.В., Петина М.А., Явурик В.В. 2024. О выборе параметров восстановления крупногабаритного оборудования. Экономика. Информатика, 51(1): 178–188. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-178-188

On Selection of Parameters for the Restoration of Large-Sized Equipment

Olga V. Yavurik, Marya A. Petina, Vladimir V. Yavurik

Belgorod State National Research University,
85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia
E-mail: yavurik@bsu.edu.ru, petina@bsu.edu.ru

Abstract. The restoration of large-sized equipment is a complex and multifactorial process that requires consideration of many parameters and conditions. The article describes the development of an expert system for selecting recovery parameters for large-sized equipment, which allows determining processing parameters under specified criteria. The ontology of the subject area has been developed: a preliminary analysis has been carried out, a digraph of the subject area has been constructed. The basic concepts of the subject area are defined. The input and output data of the system are set. A software shell has been selected for the development of an expert system with a convenient and ergonomic interface. A list of questions with acceptable answers has been compiled. A knowledge base project has been developed that includes a set of frames and rules. A decision tree has been built for the subject area. An expert system has been developed and tested to select recovery parameters for large-sized equipment. A table of explanations of the conclusions of the expert system has been compiled.

Keywords: expert system, knowledge base, knowledge representation frame model, decision support, recovery parameters, large-sized equipment

For citation: Yavurik O.V., Petina M.A., Yavurik V.V. 2024. On Selection of Parameters for the Restoration of Large-Sized Equipment. Economics. Information technologies, 51(1): 178–188. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-178-188

Введение

Информационные технологии на производственных предприятиях являются неотъемлемой частью современного бизнеса. В условиях быстрого развития технологий использование информационных технологий стало необходимостью для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий [Андрейчиков, 2020; Воронов, 2024].

Применение информационных технологий позволяет решать множество задач, связанных с автоматизацией производственных процессов [Березина, 2018]. Отслеживание производственных операций, управление запасами и логистикой, контроль качества и процесса производства – все эти задачи теперь можно решать при помощи специализированных программ и программных комплексов [Джексон, 2020].

Экспертные системы при ремонте и восстановлении крупногабаритного оборудования являются неотъемлемой и важной частью современной индустрии [Кочаненкова, 2023]. Эти системы представляют собой уникальные и высокотехнологичные решения, которые позволяют определить и устранить проблемы в работе крупной техники с помощью компьютерных алгоритмов и искусственного интеллекта [Авагимова, 2019].

Одной из главных преимуществ экспертных систем является их способность к диагностике и определению неисправностей в работе крупногабаритного оборудования [Иванов, 2019]. Благодаря анализу большого объема данных, собранных из различных источников, эти системы способны точно и быстро определить причину сбоя или поломки и предложить соответствующие рекомендации по ремонту.

Объекты и методы исследования

При разработке онтологии предметной области требуется провести предварительный анализ, построить онтограф с вершинами понятий и дугами связи между ними, после чего спроектировать графически онтологию и составить формализованное описание [Антонов, 2021; Степанов, 2019].

Разработка экспертной системы нацелена на предоставление информации о состоянии цапфы шаровой мельницы и помощь рядовому сотруднику в выборе оптимальных параметров восстановления цапфы [Bondarenko, 2019], то есть оптимальное решение из множества альтернатив, представляющих собой набор параметров восстановления, с учетом выбранных критериев [Явурик, 2023].

Основные понятия предметной области для ее понимания следующие:

- Шаровая мельница;
- Эксплуатация оборудования;
- Период эксплуатации;
- Отклонение от номинального диаметра;
- Ремонт оборудования;
- Текущий ремонт;
- Частота вращения;
- Скорость резания;
- Ротационный резец;
- Угол установки резца;
- Радиус режущей чаши ротационного резца;
- Точность обработки;
- Шероховатость поверхности.

Проанализировав предметную область, были выбраны входные данные системы [Ломакин, 2021]:

- размер шаровой мельницы, подлежащей ремонту;
- период эксплуатации шаровой мельницы с последнего произведенного текущего (капитального) ремонта;
- величина максимального отклонения от номинального диаметра опорного узла – цапфы шаровой мельницы;
- требуемое качество обработанной поверхности.

Выходные данные в данном случае:

- вид ремонта шаровой мельницы;
- частота вращения при восстановлении цапфы;
- углы установки и радиус режущей чаши инструмента.

На рисунке 1 представлено графическое проектирование онтографа предметной области [Понкин, 2023].



Рис. 1. Графическое проектирование онтографа предметной области
«Восстановление цапфы шаровой мельницы в условиях эксплуатации»

Fig. 1. Graphic design of the ontograph of the subject area “Restoration of a ball mill trunnion under operating conditions”

На рисунке 2 показана онтограф фрагмента [Степанов, 2019] предметной области «Восстановление цапфы шаровой мельницы в условиях эксплуатации».

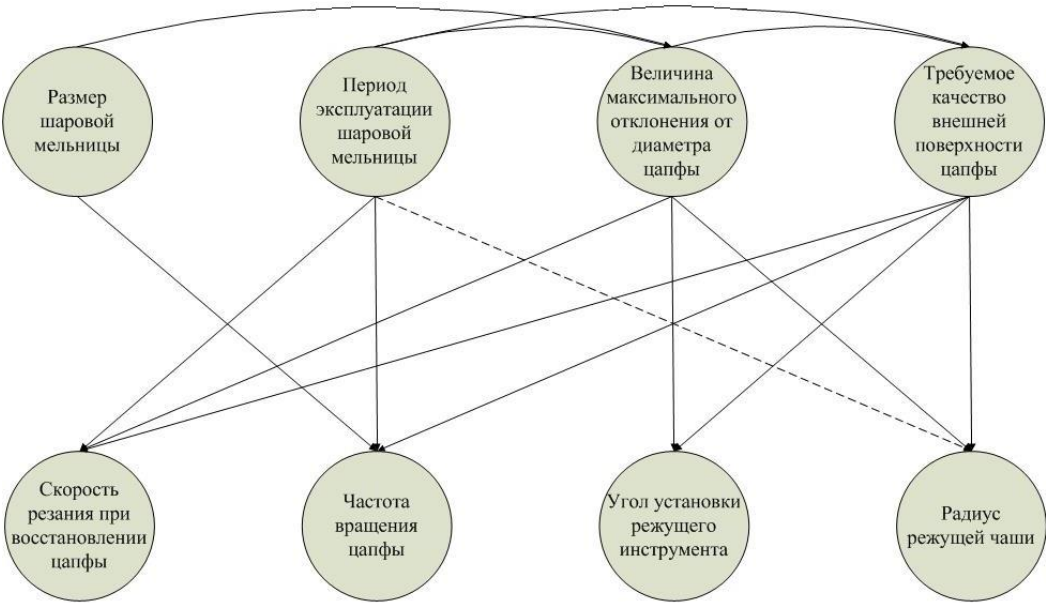


Рис. 2. Онтограф фрагмента предметной области «Восстановление цапфы шаровой мельницы в условиях эксплуатации»

Fig. 2. Ontograph of a fragment of the subject area “Restoration of a ball mill journal under operating conditions”

Для решения поставленной задачи выбрана оболочка EsWin, которая предназначена для разработки экспертных систем, поддерживающих диагностику, конфигурацию, идентификацию и принятие решений [Ездаков, 2009]. Данная оболочка для представления знаний предметной области основывается на фреймах, правила-продукциях и лингвистических переменных. Совокупность взаимосвязанных понятий предметной области описывается фреймами, сложно связанными между собой [Кочаненкова, 2023]. Выбранная программная оболочка позволит упростить разработку экспертной системы и обеспечить удобный и эргономичный интерфейс для пользователя системы.

Основная цель разработанной системы заключается в формировании мнения о предпочтительности выбора параметров при восстановлении крупногабаритного оборудования [Бестужева, 2018].

Для работы системы требуются значения основных параметров, которые вводятся пользователем с возможностью уточнения или добавления [Кравченко, 2024]:

1. Размер шаровой мельницы.
2. Период эксплуатации шаровой мельницы.
3. Величина максимального отклонения от диаметра цапфы.
4. Требуемое качество внешней поверхности цапфы.

Ниже представлен перечень вопросов, исходя из выбранных исходных данных с допустимыми ответами (таблица 1).

Таблица 1
Table 1

Перечень вопросов и допустимых ответов
List of questions and acceptable answers

Вопрос	Допустимые ответы
Размер шаровой мельницы составляет	- 2,6x13 м; - 3x14 м; - 3,2x15 м; - 4x13,5 м.
Период эксплуатации шаровой мельницы с последнего произведенного текущего (капитального) ремонта составляет	- менее 0,5 года; - от 0,5 до 1 года; - от 1 до 2 лет; - более 2 лет.
Величина максимального отклонения от диаметра цапфы шаровой мельницы не превышает	Любое численное значение
Требуемое качество внешней поверхности цапфы шаровой мельницы	- Ra 1,25 мкм; - Ra 2,5 мкм.

Экспертная система, разработанная для поддержки восстановления шаровой мельницы, представляет собой проект, основанный на двух компонентах: программная оболочка и база знаний [Ездаков, 2009]. База знаний, в свою очередь, включает в себя набор фреймов и правил, которые обеспечивают оптимальный выбор параметров восстановления. Фреймами в данной экспертной являются Параметры и Цель [Иванов, 2018].

Параметрами являются:

- Размер:(2,6x13 м; 3x14 м; 3,2x15 м; 4x13,5 м) [Размер шаровой мельницы составляет];
- Период:(менее 0,5 года; от 0,5 до 1 года; от 1 до 2 лет; более 2 лет) [Период эксплуатации шаровой мельницы с последнего произведенного текущего (капитального) ремонта составляет];
- Отклонение(численный): [Величина максимального отклонения от диаметра цапфы шаровой мельницы не превышает];
- Качество:(Ra 1,25; Ra 2,5) [Требуемое качество внешней поверхности цапфы шаровой мельницы].

Фрейм Цель представлен как Способ обработки цапфы мельницы в условиях эксплуатации ().

Правила, составляющие Базу Знаний экспертной системы, представлены в виде Правил (пример Правила 4):

RULE 4

= (Параметры.Размер; 2,6x13 м)

= (Параметры.Период; от 0,5 до 1 года)

< (Параметры.Отклонение; 2,5)

= (Параметры.Качество; Ra 1,25)

DO

= (Цель.Способ обработки цапфы мельницы в условиях эксплуатации; 4) 100 (вероятность)

ENDR

На рисунке 3 представлен оргграф решения выбора вида ремонта в зависимости от периода эксплуатации мельницы с последнего ремонта – капитального или текущего [Пенчук, 2023].

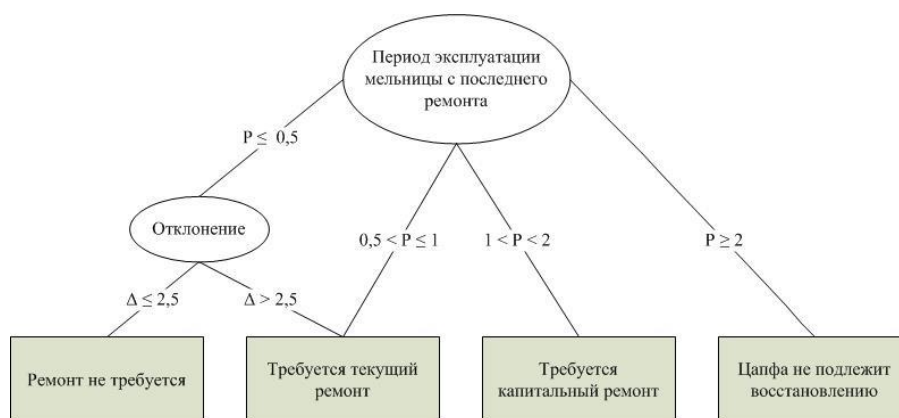


Рис. 3. Оргграф решения выбора вида ремонта
Fig. 3. Digraph of the solution for choosing the type of repair

На рисунке 4 представлено дерево решений для предметной области «Восстановление цапфы шаровой мельницы в условиях эксплуатации» [Смирнов, 2019].

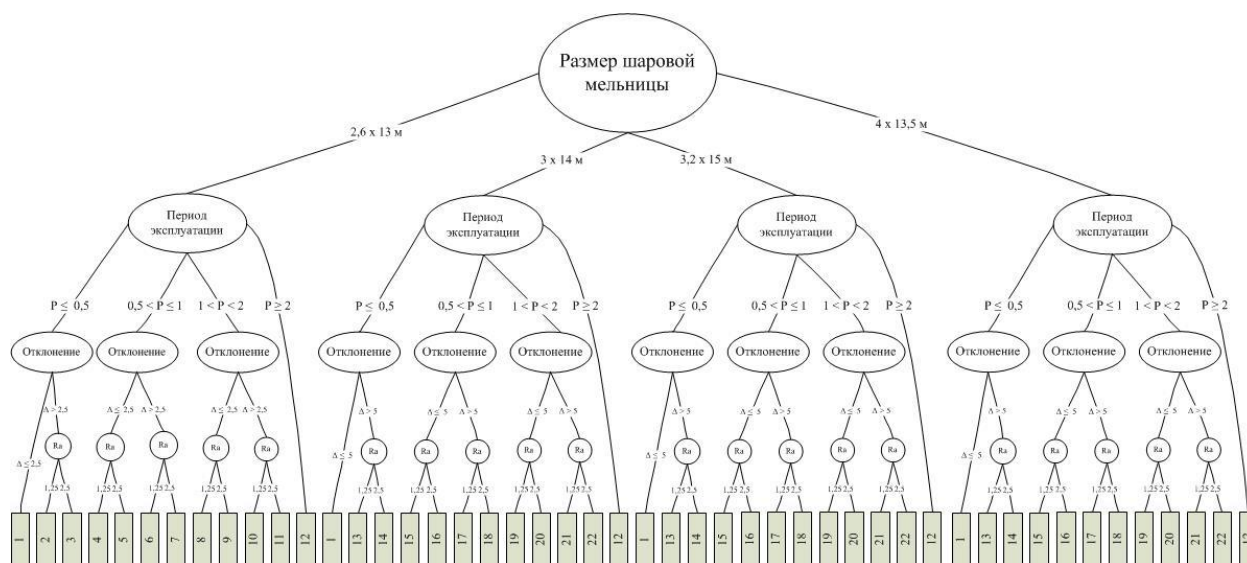


Рис. 4. Дерево решений для предметной области «Восстановление цапфы шаровой мельницы в условиях эксплуатации»

Fig. 4. Decision tree for the subject area "Restoration of the ball mill trunnion under operating conditions"

Для выбора параметров восстановления цапф мельниц в условиях эксплуатации при открытии программной оболочки ESWin требуется загрузить Базу знаний [Черманов, 2016]. После ее запуска требуется нажать кнопку «Решение», после чего появятся окна с вопросами для решения поставленной задачи (рисунки 5–8).

Рис. 5. Окно выбора параметра «Размер шаровой мельницы»

Fig. 5. The window for selecting the "Ball mill size" parameter

Рис. 6. Окно выбора параметра «Период эксплуатации шаровой мельницы с последнего произведенного текущего (капитального) ремонта»

Fig. 6. Window for selecting the parameter "The period of operation of the ball mill since the last ongoing (major) repair"

Рис. 7. Окно выбора параметра «Величина максимального отклонения от диаметра цапфы шаровой мельницы»

Fig. 7. Window for selecting the parameter "The value of the maximum deviation from the diameter of the ball mill trunnion"

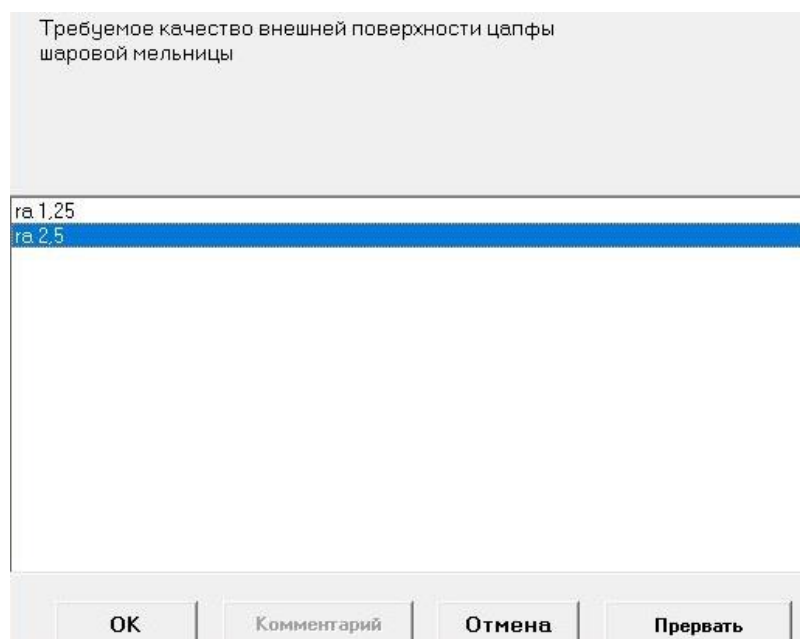


Рис. 8. Окно выбора параметра «Требуемое качество внешней поверхности цапфы»
Fig. 8. Window for selecting the parameter “Required quality of the external surface of the trunnion”

После выбора и ввода ответов программа выдаст ответ, соответствующий правилам из Базы знаний (рисунок 9).

```
ЦЕЛЬ >> способ обработки цапфы мельницы в условиях эксплуатации  
РЕШЕНИЕ:  
цель.способ обработки цапфы мельницы в условиях эксплуатации = 16 с уверенностью 100 %  
(Правило 29)
```

Рис. 9. Решение вводимых данных
Fig. 9. Solution of input data

Результаты и их обсуждение

После проведенного тестирования экспертной системы для выбора параметров восстановления шаровых мельниц можно сделать вывод о ее высокой эффективности и точности в принятии решений. Система проявляет высокий экспертный уровень при решении сложных задач, требующих глубоких знаний и опыта в данной предметной области. Надежность и точность рекомендаций, предоставляемых системой, позволяют значительно улучшить процесс восстановления шаровых мельниц и повысить производительность работы на предприятии.

Например, период эксплуатации шаровой мельницы на предприятии не превышает полугода, при этом максимальное значение отклонения от диаметра цапфы не превышает 2,5 мм, вне зависимости от шероховатости, в данном случае ремонт не требуется. При этом, если величина отклонения от номинального диаметра превышает 2,5 мм и в зависимости от требуемой шероховатости будут выбраны числовые значения частоты вращения и геометрических параметров резца, которые позволят соблюдать качество поверхности.

Для объяснения полученных выводов экспертной системы составлена таблица 2.

Таблица 2
Table 2

Объяснение полученных выводов экспертной системы
Explanation of the findings of the expert system

№	Р, г.	Δ , мм	Ra, мкм	Вид ремонта шаровой мельницы	Частота вращения, об/мин	Геометрические параметры резца	
						Углы установки резца	Радиус режущей чаши R, мм
1	$P \leq 0,5$	$\Delta \leq 2,5$	-	Ремонт не требуется	-	-	-
2	$P \leq 0,5$	$\Delta > 2,5$	1,25	Текущий ремонт	1	$\gamma=10-12^\circ$, $\omega=20-30^\circ$, $\varphi=10-30^\circ$	0 - 10
3	$P \leq 0,5$	$\Delta > 2,5$	2,5	Текущий ремонт	2	$\gamma=12-14^\circ$, $\omega=0-10^\circ$, $\varphi=50-70^\circ$	0 - 10
4	$0,5 \leq P \leq 1$	$\Delta \leq 2,5$	1,25	Текущий ремонт	3	$\gamma=12^\circ$, $\omega=20-30^\circ$, $\varphi=50-70^\circ$	0 - 10
5	$0,5 \leq P \leq 1$	$\Delta \leq 2,5$	2,5	Текущий ремонт	1	$\gamma=14^\circ$, $\omega=10-20^\circ$, $\varphi=30-50^\circ$	10 - 20
6	$0,5 \leq P \leq 1$	$\Delta > 2,5$	1,25	Текущий ремонт	2	$\gamma=14^\circ$, $\omega=0-10^\circ$, $\varphi=10-30^\circ$	20 - 30
7	$0,5 \leq P \leq 1$	$\Delta > 2,5$	2,5	Текущий ремонт	3	$\gamma=16^\circ$, $\omega=0-10^\circ$, $\varphi=10-30^\circ$	20 - 30
8	$1 < P < 2$	$\Delta \leq 2,5$	1,25	Капитальный ремонт	3	$\gamma=16^\circ$, $\omega=20-30^\circ$, $\varphi=10-30^\circ$	20 - 30
9	$1 < P < 2$	$\Delta \leq 2,5$	2,5	Капитальный ремонт	1	$\gamma=18^\circ$, $\omega=0-10^\circ$, $\varphi=50-70^\circ$	20 - 30
10	$1 < P < 2$	$\Delta > 2,5$	1,25	Капитальный ремонт	1	$\gamma=10-30^\circ$, $\omega=20-30^\circ$, $\varphi=50-70^\circ$	20 - 30
11	$1 < P < 2$	$\Delta > 2,5$	2,5	Капитальный ремонт	3	$\gamma=30-50^\circ$, $\omega=10-20^\circ$, $\varphi=30-50^\circ$	0 - 10
12	$P \geq 2$	-	-	Замена цапфы	-	-	-
13	$P \leq 0,5$	$\Delta > 2,5$	1,25	Текущий ремонт	2	$\gamma=30-50^\circ$, $\omega=0-10^\circ$, $\varphi=30-50^\circ$	10 - 20
14	$P \leq 0,5$	$\Delta > 2,5$	2,5	Текущий ремонт	3	$\gamma=30-50^\circ$, $\omega=10-20^\circ$, $\varphi=30-50^\circ$	10 - 20
15	$0,5 \leq P \leq 1$	$\Delta \leq 2,5$	1,25	Текущий ремонт	3	$\gamma=30-50^\circ$, $\omega=20-30^\circ$, $\varphi=30-50^\circ$	10 - 20
16	$0,5 \leq P \leq 1$	$\Delta \leq 2,5$	2,5	Текущий ремонт	3	$\gamma=30-50^\circ$, $\omega=10-20^\circ$, $\varphi=50-70^\circ$	10 - 20
17	$0,5 \leq P \leq 1$	$\Delta > 2,5$	1,25	Текущий ремонт	1	$\gamma=30-50^\circ$, $\omega=10-20^\circ$, $\varphi=30-50^\circ$	20 - 30
18	$0,5 \leq P \leq 1$	$\Delta > 2,5$	2,5	Текущий ремонт	2	$\gamma=30-50^\circ$, $\omega=0-10^\circ$, $\varphi=10-30^\circ$	0 - 10
19	$1 < P < 2$	$\Delta \leq 2,5$	1,25	Капитальный ремонт	1	$\gamma=50-70^\circ$, $\omega=20-30^\circ$, $\varphi=10-30^\circ$	0 - 10
20	$1 < P < 2$	$\Delta \leq 2,5$	2,5	Капитальный ремонт	3	$\gamma=50-70^\circ$, $\omega=0-10^\circ$, $\varphi=50-70^\circ$	0 - 10
21	$1 < P < 2$	$\Delta > 2,5$	1,25	Капитальный ремонт	1	$\gamma=50-70^\circ$, $\omega=20-30^\circ$, $\varphi=50-70^\circ$	0 - 10
22	$1 < P < 2$	$\Delta > 2,5$	2,5	Капитальный ремонт	2	$\gamma=50-70^\circ$, $\omega=10-20^\circ$, $\varphi=30-50^\circ$	10 - 20

Заключение

В процессе разработки экспертной системы были рассмотрены и учтены основные характеристики и требования к параметрам восстановления оборудования.



Первоначально был проведен анализ исходных данных, включающий данные о состоянии оборудования, его возрасте, спецификации, а также требования к его восстановлению. Эти данные были внесены в базу знаний экспертной системы.

Следующим шагом было определение ключевых критериев, которые влияют на выбор параметров восстановления оборудования. К таким критериям можно отнести стоимость восстановления, сроки выполнения работ, качество результата, надежность восстановленного оборудования и его совместимость с другими техническими системами.

Для определения оптимальных параметров восстановления экспертная система использовала стандартные алгоритмы машинного обучения и интеллектуальные методы анализа данных. С использованием искусственного интеллекта система смогла предложить различные варианты параметров восстановления, учитывая все ранее определенные критерии.

Список литературы

- Авагимова Ю.А. 2019. Экспертная система для составления графиков ремонтов и отключений. М.: LAP Lambert Academic Publishing, 144 с.
- Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. 2020. Интеллектуальные информационные системы. М.: Финансы и статистика, 502 с.
- Антонов А.А., Быков А.Н., Чернышев С.А. 2021. Обзор существующих способов формирования онтологии предметной области при моделировании. Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. 4(22): 12–17.
- Березина А.Ф., Кагарманова А.Б., Муратова А.Р. 2018. Современные информационные технологии в экспертной деятельности. Форум молодых ученых, 9: 59–62.
- Бестужева О.В. 2018. Снижение временных затрат на капитальный ремонт мельницы в условиях эксплуатации. Вестник Иркутского государственного технологического университета, 12: 14–20.
- Воронов М.В., Пименов В.И., Небаев И.А. 2024. Системы искусственного интеллекта. М.: Издательство Юрайт, 268 с.
- Джексон П. 2020. Введение в экспертные системы. Изд.дом «Вильямс», 624 с.
- Ездаков А.Л. 2009. Экспертные системы САПР. М.: Форум, 160 с.
- Иванов А.Н., Петрова В.А. 2018. Применение экспертных систем в технике. Наука и техника, 3: 45–53.
- Иванов П.П. 2019. Экспертные системы в инженерии. СПб.: Лань, 192 с.
- Кочаненкова А.А., Винниченко А.С. 2023. Применение современных технологий для решения задач эксперта. Скиф, 1 (77): 374–377.
- Кравченко Т.К., Исаев Д.В. 2024. Системы поддержки принятия решений: учебник и практикум для вузов. М.: Издательство Юрайт, 327 с.
- Ломакин В.В., Явурик О.В. 2021. Многокритериальный выбор номенклатуры показателей надежности оборудования: Сборник докладов национальной конференции Машины, агрегаты и процессы в строительной индустрии. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова: 65–70.
- Пенчук В.А., Сидоров В.А. 2023. Современное развитие технической диагностики машин и оборудования. Ремонт. Восстановление. Модернизация, 5: 15–20.
- Понкин И.В. 2023. Онтологии как инструментарий прикладной аналитики. International Journal of Open Information Technologies, 2: 77–84.
- Смирнов Е.И., Козлов А.М. 2019. Современные технологии применения экспертных систем в технике. Техническое творчество, 2: 78–86.
- Степанов И.С., Серенко А.А. 2019. Разработка экспертных систем на базе онтологий предметных областей: Материалы X Международной научно-технической конференции. Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения: 435–438.
- Черманов И.Г., Ставец И.П. 2016. Экспертные системы: Искусственный интеллект. СПб.: БХВ-Петербург, 220 с.
- Явурик О.В. 2023. Применение системного подхода к прогнозированию надежности робототехнических комплексов. Механическое оборудование металлургических заводов, 1(20): 4–9.
- Bondarenko J. A., Bestuzheva O. V., Get'man Y. A. 2019. Methods of Multi-Criterial Optimization of Machining Process. 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern

Technologies, FarEastCon 2019. Vladivostok, Vladivostok: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc: 826-834.

References

- Avagimova Yu.A. 2019. An expert system for scheduling repairs and shutdowns. Moscow: LAP Lambert Academic Publishing, 144 p. (in Russian)
- Andreychikov A.V., Andreychikova O.N. 2020. Intelligent information systems. M.: Finance and Statistics, 502 p. (in Russian)
- Antonov A. A., Bykov A.N., Chernyshev S.A. 2021. An overview of the existing ways of forming the ontology of the subject area in modeling. *International Journal of Information Technology and Energy Efficiency*. 4(22): 12–17. (in Russian)
- Berezina A.F., Kagarmanova A.B., Muratova A.R. 2018. Modern information technologies in expert activity. *Forum of Young Scientists*, 9: 59–62. (in Russian)
- Bestuzheva O.V. 2018. Reducing the time spent on the overhaul of the mill under operating conditions. *Bulletin of Irkutsk State Technological University*, 12:14-20. (in Russian)
- Voronov M. V. Pimenov V.I., Nebaev I.A. 2024. Artificial intelligence systems. Moscow: Yurayt Publishing House, 268 p. (in Russian)
- Jackson P. 2020. Introduction to expert systems. Publishing house "Williams", 624 p.
- Ezdakov A.L. 2009. Expert CAD systems. Moscow: Forum, 160 p. (in Russian)
- Ivanov A.N., Petrova V.A. 2018. The use of expert systems in engineering. *Science and Technology*, 3: 45–53.
- Ivanov P.P. 2019. Expert systems in engineering. St. Petersburg: Lan, 192 p. (in Russian)
- Kochanenkova A.A., Vinnichenko A.S. 2023. The use of modern technologies to solve the tasks of an expert. *Skif*, 1 (77): 374–377. (in Russian)
- Kravchenko T. K., Isaev D. V. 2024. Decision support systems: textbook and workshop for universities. Moscow: Yurayt Publishing House, 327 p. (in Russian)
- Lomakin V. V., Yavurik O.V. 2021. Multi-criteria selection of the nomenclature of equipment reliability indicators.: Collection of reports of the national conference Machines, aggregates and processes in the construction industry. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov: 65–70. (in Russian)
- Penchuk V. A., Sidorov V.A. 2023. Modern development of technical diagnostics of machines and equipment. Repair. Recovery. Modernization, 5: 15–20. (in Russian)
- Ponkin I. V. 2023. Ontologies as tools of applied analytics. *International Journal of Open Information Technologies*, 2: 77–84. (in Russian)
- Smirnov E.I., Kozlov A.M. 2019. Modern technologies for the use of expert systems in engineering. *Technical creativity*, 2: 78–86. (in Russian)
- Stepanov I. S., Serenko A.A. 2019. Development of expert systems based on ontologies of subject areas Materials of the X International Scientific and Technical Conference. Novosibirsk: Siberian State University of Railway Engineering: 435–438. (in Russian)
- Chermanov I.G., Stavets I.P. 2016. Expert systems: Artificial intelligence. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 220 p. (in Russian)
- Yavurik O. V. 2023. Application of a systematic approach to forecasting the reliability of robotic systems. *Mechanical equipment of metallurgical plants*, 1(20):4–9. (in Russian)
- Bondarenko J. A., Bestuzheva O. V., Get'man Y. A. 2019. Methods of Multi-Criterial Optimization of Machining Process. 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019. Vladivostok, Vladivostok: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc: 826–834.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 29.01.2024

Поступила после рецензирования 21.02.2024

Принята к публикации 29.02.2024

Received January 29, 2024

Revised February 21, 2024

Accepted February 29, 2024



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Явурик Ольга Васильевна, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Петина Мария Александровна, кандидат географических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Явурик Владимир Владимирович, студент кафедры прикладной информатики и информационных технологий кандидат технических наук, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Olga V. Yavurik, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Informatics and Information Technologies, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Maria A. Petina, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Informatics and Information Technologies, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Vladimir V. Yavurik, Student of the Department of Applied Informatics and Information Technologies, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

УДК 004.89

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-189-200

Лексический тренажер по иностранному языку для студентов технических специальностей МГТУ им. Н.Э. Баумана

Бутенко Ю.И., Солошенко К.А.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Россия, 105005, Москва, Рубцовская наб., 2/18, стр. 2
E-mail: iubutenko@bmstu.ru

Аннотация. В статье представлен метод формирования лексического тренажера на основе лингводидактического ресурса «English in Digital Age» для оказания содействия студентам технических специальностей МГТУ им. Н.Э. Баумана в освоении лексики при подготовке к практическим занятиям по английскому языку и английскому языку в профессиональной сфере в период обучения специальности. Проанализированы факторы, обуславливающие актуальность создания лексического тренажера по освоению специальной лексики. При реализации лексического тренажера для студентов технических специальностей использованы методы лексикографического описания, осуществлено моделирование структуры словарной статьи, получен программный лексикографический продукт на языке программирования Python. Предложен метод обработки текстов учебных пособий для извлечения основной лексики каждого модуля, который предусматривает анализ композиционной структуры всего текста учебного пособия, а также возможность извлечения многокомпонентных терминов. Показана структура словарной статьи лексического тренажера, в которой в компактном виде отражены основные грамматические особенности слова, транскрипция и его переводные эквиваленты. Продемонстрированы интерфейс лексического тренажера и основные виды заданий, предназначенные для освоения лексического материала как по всем, так и по отдельным модулям дисциплины «Иностранный язык». Проанализированы возможности использования разных лингвистических ресурсов в аспекте освоения лексики с привязкой к конкретному учебному материалу. Электронный учебный словарь предназначен для студентов технических специальностей МГТУ им. Н.Э. Баумана, изучающих дисциплину «Иностранный язык».

Ключевые слова: электронный словарь, лексический тренажер, словарная статья, структура словарной статьи, интерфейс лексического тренажера

Для цитирования: Бутенко Ю.И., Солошенко К.А. 2024. Лексический тренажер по иностранному языку для студентов технических специальностей МГТУ им. Н.Э. Баумана. Экономика. Информатика. 51(1): 189–200. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-189-200

Foreign Languages Lexical Exerciser for BMSTU Students in Technical Specialities

Iuliia I. Butenko, Kirill A. Soloshenko

Bauman Moscow State Technical University,
2/18 Rubtsovskaya emb. Moscow, 105005, Russia
E-mail: iubutenko@bmstu.ru

Abstract. The article presents a lexical exerciser based on the linguodidactic resource "English in Digital Age" to assist students of technical specialities of Bauman Moscow State Technical University in mastering vocabulary in preparation for practical classes in English and English in the professional sphere during the period of speciality training. The factors that determine the relevance of creating a lexical exerciser for mastering special



vocabulary are analysed. The methods of lexicographic description are used in the implementation of the lexical exerciser for students of technical specialities, modelling of the dictionary article structure is carried out, the lexicographic software product in the Python programming language is obtained. The method of text processing of textbooks for extracting the basic vocabulary of each module is proposed, which provides for the analysis of the compositional structure of the whole text of the textbook, as well as the possibility of extracting multi-component terms. The structure of the vocabulary article of the lexical trainer is shown, in which the main grammatical features of a word, transcription and its translation equivalents are reflected in a compact form. The interface of the lexical exerciser and the main types of tasks intended for mastering the lexical material for all and separate modules of the discipline "Foreign Language" are demonstrated. The possibilities of using different linguistic resources in the aspect of vocabulary acquisition with reference to specific teaching material are analysed. The electronic learning dictionary is designed for students of technical specialities of Bauman Moscow State Technical University studying the discipline "Foreign Language".

Keywords: electronic dictionary, lexical exerciser, dictionary article, dictionary article structure, lexical exerciser interface

For citation: Butenko Iu.I., Soloshenko K.A. 2024. Foreign Languages Lexical Exerciser for BMSTU Students in Technical Specialities. Economics. Information technologies. 51(1): 189–200. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-189-200

Введение

Стремительное развитие информационных технологий оказало значительное влияние на лексикографию, которой требовались десятки лет на организацию сбора, обработки, хранения и представления лексического материала. Использование современных технологий позволило сократить время на внесение изменений в словарь от нескольких лет до нескольких минут, а также значительно увеличить объемы содержащейся в словарях информации [Палкова, 2015; Сидорова, Козлова, 2021]. Так, объем словника электронного словаря Мультитран на сегодняшний день составляет приблизительно 12 млн слов, Prompt – 11 млн слов и ABBYY LingvoOnline – 18 млн слов; количество рабочих языков: Мультитран – 12, Google – 102, Prompt – 13, ABBYY LingvoOnline – 28.

Несмотря на значительные успехи электронной лексикографии, использование многочисленных электронных ресурсов часто представляет значительные трудности не только для студентов и начинающих переводчиков, но и опытных специалистов, особенно при переводе специальной научно-технической литературы. Решение проблемы может состоять в возможности использования специализированных словарей, однако их количество также стремительно возрастает: Prompt – 16 словарей, ABBYY LingvoOnline – около 250 словарей, Мультитран – около 2500 словарей. Таким образом, поиск подходящего переводного эквивалента в рамках узкой специализации даже при помощи специализированных словарей занимает значительное время, а отдельные узкоспециализированные переводные словари представляют собой ограниченный класс лексикографических ресурсов [Мезит, 2019]. Особую сложность представляет изучение специальной лексики в группах с разным уровнем владения иностранным языком.

В связи с вышесказанным актуальным является создание лексического тренажера по изучению специальной терминологии, содержащего все лексические единицы и задания на их запоминание, которые должны быть освоены в рамках дисциплины «Иностранный язык (английский)» для студентов технических специальностей МГТУ им. Н.Э. Баумана. При этом проблематика создания учебных словарей и лексических тренажеров довольно широко освещена в научной литературе и имеется значительный спрос на такие ресурсы [Ятаева, 2016; Орлова, 2019], актуальными является создание методов и программных средств автоматической и / или автоматизированной генерации предметных словарей и лексических тренажеров.

Актуальность создания лексического тренажера по освоению специальной лексики обусловлена следующими факторами:

- длительный срок изучения иностранного языка в МГТУ им. Н.Э. Баумана: бакалавриат – 6 семестров, магистратура – 2 семестра, специалитет – 7 семестров. При этом, начиная с 5 семестра бакалавриата и специалитета, а также 1 семестра магистратуры, изучается английский язык в профессиональной сфере.

- большое разнообразие узких предметных областей. В 2022/2023 гг. в МГТУ им. Н.Э. Баумана насчитывается 479 образовательных программ, подавляющее число которых имеют свою уникальную узкопрофессиональную терминологию, что в свою очередь свидетельствует об использовании большого числа разных учебных пособий по иностранному языку.

- разработка пособий преподавателями университета. Учебные пособия пишутся преподавателями иностранного языка в МГТУ им. Н.Э. Баумана, т. е. требуется затрачивание значительных временных и человеческих ресурсов для создания комплектов учебных и практических материалов.

- использование нового учебного пособия каждый семестр препятствует возможности повторения пройденного ранее лексического материала с целью его повторения перед итоговыми аттестациями.

- сложность использования современных словарей и терминологических баз данных из-за их универсальности, с одной стороны, и перегруженности избыточной для студентов информацией, с другой стороны, а также отсутствие инструментов для запоминания специальной лексики.

Таким образом, цель создания лексического тренажера – оказание содействия студентам инженерных специальностей МГТУ им. Н.Э. Баумана в освоении специальной лексики при подготовке к практическим занятиям и итоговым аттестациям по английскому языку.

Метод обработки текстов учебных пособий для создания лексического тренажера

Основные задачи разработки лексического тренажера для студентов инженерных специальностей МГТУ им. Н.Э. Баумана включают:

- сбор языкового материала, необходимого для освоения учебной программы дисциплины «Иностранный язык»;
- форматирование и разметка полученного языкового материала в виде, пригодном для машинной обработки;
- разработка алгоритмов лексического тренажера, соответствующих лингводидактическим требованиям лексического тренажера;
- создание статического сайта / приложения для размещения языкового материала и создание лексического тренажера.

Из перечисленных задач наиболее рутинной и требующей значительных временных и человеческих затрат является сбор и разметка языкового материала. При этом для решения поставленной задачи целесообразно использовать доступные подходы и программные средства по обработке специальной лексики, подробный анализ которых представлен в работе [Astrakhsantsev et al, 2015]. Однако использование стандартных средств обработки специальной лексики затруднено тем фактом, что учебные пособия по дисциплине «Иностранный язык» написаны полностью на английском языке, что приводит к необходимости разработки метода извлечения лексики из учебного пособия, а также подбора переводных эквивалентов на русском языке и последующей генерацией тренажера по изучению извлеченной лексики.

Метод обработки учебных пособий для создания лексического тренажера по изучению специальной терминологии представлен на рис. 1.

Рассмотрим использование метода обработки текстов учебных пособий на основе учебного пособия «English in the Digital Age» [Калугина, Лосева, 2018], который используется на 1 и 2 курсах инженерных специальностей на кафедре ЛЗ «Английский для машиностроительных специальностей» МГТУ им. Н.Э. Баумана, состоящего из 4 частей. Каждое учебное пособие состоит из трех модулей, содержащих современные аутентичные тексты,

целью которых является развитие коммуникативной, лингвострановедческой и социокультурной компетенций. Издание также содержит ссылки на аудио- и видеоматериалы из открытых источников англоязычной информационно-образовательной среды и разнообразные лексико-грамматические упражнения. На изучение каждого модуля отводится 5 семинарских занятий, где 1–4 занимаются по учебному пособию, а на 5 занятии проводят рубежный контроль и защиту презентации по теме модуля.



Рис. 1. Метод обработки учебных пособий для создания лексического тренажера по изучению специальной терминологии

Fig. 1. Method of processing teaching aids for creating a lexical simulator for learning specialised terminology

Тексты и упражнения второй части учебного пособия «English in the Digital Age» знакомят студентов с историей развития современных средств коммуникации и компьютерных технологий, с новейшими разработками в области связи, компьютерных технологий и космических исследований.

На первом этапе проводится морфологическая разметка текста учебного пособия, которая в последующем является основой для извлечения и разметки многокомпонентных терминов в тексте, генерации тестовых заданий и отражения грамматической информации о лексической единице в словаре тренажера.

На втором этапе проводится структурная разметка текста учебного пособия. Особенности организации научно-учебных текстов подробно в работах [Тюрина, 2005; Тюрина, 2007], а обобщенная модель научно-учебного текста представлена в [Бутенко, 2021]. Ее ис-

пользование позволит определить структурные элементы, которые не содержат специальной лексики (формулировки заданий, грамматические комментарии, задания на перевод на английский язык), а также структурные элементы, содержащие основную лексику модуля. Таким образом, можно будет сформировать перечень всей лексики, используемой в пособии, и основной лексики для изучения в каждом модуле учебного пособия. Основной языковой материал учебном пособии «English in the Digital Age» представляет собой лексику из разделов «Essential vocabulary», «Vocabulary related to...», «Useful notes», «Module's-Topic Related Vocabulary».

На третьем этапе осуществляется разметка многокомпонентных терминов как одной лексической единицы при создании заданий тренажера, а затем формирование списка основной лексики модуля [Бутенко и др., 2022]. В результате обработки текста учебного пособия по каждому из 12 модулей выделено: 1 модуль – 67, 2 модуль – 66, 3 модуль – 51, 4 модуль – 39, 5 модуль – 141, 6 модуль – 124, 7 модуль – 83, 8 модуль – 102, 9 модуль – 38, 10 модуль – 70, 11 модуль – 70, модуль 12 – 49 единиц основной лексики, владение которой студент должен продемонстрировать на семинарских занятиях и промежуточных аттестациях.

На следующем этапе к каждой лексической единице модуля на основе параллельного корпуса научно-технических текстов, разрабатываемого в МГТУ им. Н.Э. Баумана [Бутенко и др., 2022], подбирается 1–3 переводных эквивалента. Стоит отметить, что широкий спектр исследований в области как создания [Bolshina, Loukhashevich, 2020; Tikhomirov et al., 2020], так и использования корпусов текстов в образовательных целях свидетельствует об эффективности и применимости таких ресурсов для решения большого класса образовательных задач [Кокарева, 2013а], в том числе по разработке заданий [Слободян, 2010] и изучению лексики [Кокарева, 2013б].

При подборе переводного эквивалента на основе параллельного корпуса используется принцип соответствия предметной области учебного пособия и соответствующего подкорпуса, а также частотность использования переводного эквивалента в подкорпусе. Так, например, на основе словаря МультиТран к лексической единице *skin*, которая используется в шестом модуле, посвященном космонавтике, даны следующие переводные эквиваленты: в общем словаре: *мех; кожура; кожица; оболочка; обшивка; корка; плена; наружный слой; шкурка; кляча; жулик; скряга; кожа; шкура; снять кожуру; покрыть кожей; саба; снять кожу; снять шкуру; шелуха*. В словаре «Техника» ресурса МультиТран – *окалина; покрытие; поверхностный слой; кожа; обшивочный лист; очищать от изоляции*, а в словаре «Космонавтика» вообще отсутствует. Уточнение запроса путем добавления слова *spacescraft* *skin* приводит к тому, что нужно смотреть уже две словарные статьи. Безусловно подбор переводного эквивалента может и очевиден для специалиста в данной предметной области и не представляет сложностей – *обшивка*, но студентам как минимум требуется время на его подбор или они вообще выбирают неправильный перевод. На основе данных их параллельного корпуса научно-технических текстов, тематическое деление которого основано на направлениях подготовки МГТУ им. Н.Э. Баумана, у лексической единицы *skin* наиболее частотными являются переводные эквиваленты по космонавтике *обшивка, обшивочный лист*, а биомедицинским технологиям – *кожа, кожный покров*.

Затем на основе подкорпуса осуществляется подбор примеров употребления лексической единицы в контексте, а также его перевод. Приоритетными контекстами являются те, которые содержат не только основную лексику модуля, но и специальную терминологию изучаемой предметной области, так как эти контексты используются для автоматической генерации заданий тренажера. В противном случае могут быть сформированы контексты, куда по смыслу может подходить практически любое слово, например:

The phenomenon of <...<d>> has always been very exciting, both for its fundamental scientific interest and because of its many applications.

Феномен <...<d>> всегда был очень захватывающим как из-за его фундаментального научного интереса, так и из-за его многочисленных применений.

В лексическом тренажере представлено несколько видов заданий для овладения специальной лексикой: карточки, выбор верного переводного эквивалента и заполнение пропусков. Генерация заданий реализуется на основе следующих правил: варианты ответов подбираются из одного модуля, обладают одинаковыми морфологическими, грамматическими и синтаксическими характеристиками. Например, при формировании задания на выбор правильного переводного эквивалента, все варианты ответов будут относиться к одной части речи, числа, использоваться в рамках одной предметной области, иметь одинаковую формальную структуру, т. е. если правильный ответ является словосочетанием, то и другие варианты ответов также будут словосочетаниями и т. п.

Структура словарной статьи лексического тренажера

Словарная статья учебного ресурса должна не содержать избыточной и неточной информации, но в то же время отражать все аспекты, необходимые для освоения дисциплины [Жеребило, 2009; Мячинина, 2018]. Каждая лексическая единица сопровождается транскрипцией и аудиофайлом для прослушивания данной единицы в британском варианте произношения. К полученным словарным статьям обязательно добавлялась грамматическая категория части речи, что позволило составлять соответствующие лингводидактическим нормам задания для тренажера автоматически и без использования способных проводить грамматический парсинг лексемы алгоритмов искусственного интеллекта для обработки естественного языка. Для тех же целей в примерах употребления лексема обязательно выделялась тегами: открывающим «» и закрывающим «<d>». В каждой словарной статье указывался модуль учебного пособия, к которому относится слово.

Словарные статьи обрабатывались и загружались на сервер в виде объекта JavaScript, содержащего объекты JSON вида:

```
{ "word": string,  
  "translation": string,  
  "transcription": string,  
  "pos": string,  
  "examples": [{  
    "eng": string,  
    "ru": string  
  }],  
  "module": number }
```

где поле "word" хранит лексему на английском языке, поле "translation" хранит перевод или переводы, разделенные запятой, поле "transcription" хранит транскрипцию лексемы, поле "pos" хранит часть речи лексемы, поле "examples" хранит массив с одним элементом – объектом JSON, хранящим поля «eng» и «ru», поле "eng" хранит пример употребления лексемы на английском языке, поле "ru" хранит пример употребления лексемы на русском языке, поле "module" хранит номер модуля, к которому относится лексема..

Словарные статьи лексического тренажера содержат грамматический материал о лексической единице и аудиозаписи британского варианта произношения. Пример словарной статьи показан на рис. 2.

При заполнении пропусков используются контексты, внесенные в словарь лексического тренажера, а основная лексика имеет соответствующую разметку и при формировании заданий является правильным ответом, например:

His invention was a long way away where we are today with our mobile phones, tablets<d> and laptops but it was a significant development in the use of calculating devices.

Его изобретение было далеко от современных телефонов, планшетов<d> и ноутбуков, но оно было значительным прорывом в области счетных устройств.

Другими вариантами являются *abacus, calculator, display* и *абак, калькулятор, монитор* соответственно на русском языке.

action bar (phr) - горизонтальное меню

/ˈækʃn bɑː(r)/



When an update is available, an icon in the **action bar** displays some explaining text.

Если доступно обновление, значок в **горизонтальном меню** отображает текст пояснения.

Рис. 2. Словарная статья к терминологической единице «action bar»

Fig. 2. Dictionary entry for the terminological unit "action bar"

Аспекты программной реализации лексического тренажера

Для разработки лексического тренажера выбраны следующие технологии:

- HTML – стандартизированный язык разметки документов для просмотра web-страниц в браузере. Использовался как основной инструмент верстки web-страниц сайта ЭУС.
- CSS – формальный язык описания внешнего вида документа (web-страницы). Использовался для описания дополнительных свойств элементов web-страниц.
- Bootstrap 4 – свободный набор HTML- и CSS-шаблонов для создания сайтов и web-приложений. Классы Bootstrap были использованы для стилизации большинства элементов сайта, что позволило сократить затраченное на верстку время к минимуму при сохранении качественного внешнего вида web-страниц ресурса.
- JavaScript – мультипарадигменный язык программирования, поддерживающий слабую динамическую типизацию и автоматическое управление памятью. Был использован в качестве основной технологии для разработки поведения сайта и хранения словарных статей.
- Git – распределённая система управления версиями. Использовалась для удаленной разработки.
- JSON – основанный на JavaScript текстовый формат обмена данными. Использовался для хранения словарных статей в удобном не занимающем большого количества оперативной памяти формате.
- Go – компилируемый многопоточный язык программирования. Использовался для разработки программы-парсера для получения аудиозаписей произношений слов с сайта «Oxford learner's dictionary» и Google Translate API.
- Python – высокоуровневый язык программирования общего назначения с динамической строгой типизацией и автоматическим управлением памятью. Использовался как основной инструмент для обработки словарных статей и тегирования предложений-примеров.

Основными принципами проектирования словаря являются простота и доступность, так как минималистичный и интуитивно понятный графический интерфейс ресурса фокусирует внимание студента на изучении языкового материала.

Все страницы сайта лексического тренажера содержат навигационную панель с поисковой строкой и ссылками на главную страницу сайта и лексический тренажер. На главной странице сайта расположены ссылки для поиска языкового материала по первой букве и по модулю учебного пособия (рис. 3).

Для поисковой строки реализован «живой поиск» методом поиска соответствий по средствам строгого регулярного выражения. Ссылки поиска по первой букве и по модулю ведут на соответствующие страницы с прямыми ссылками на искомые словарные статьи. Ссылки из списка всего языкового материала и из поисковой строки являются прямыми ссылками на искомые словарные статьи.

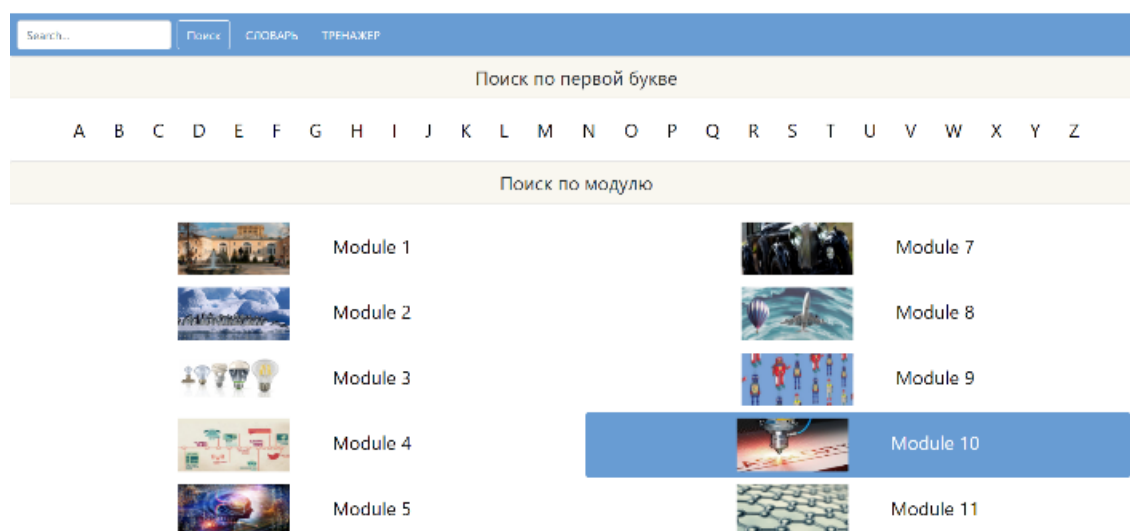


Рис. 3. Интерфейс лексического тренажера
Fig. 3. Interface of the lexical simulator

Алгоритмы данного тренажера позволяют автоматически составлять более 100 000 типовых задач на перевод, выбор верного ответа, заполнение пропусков в предложении (Рис. 4). В лексическом тренажере присутствует классическая система карточек для заучивания лексики. Имеется система фильтрации задач по модулям в зависимости от потребностей учащегося.

Choose correct answ	Choose correct answ
улучшать, совершенствовать	MSTU was the first among technical ____ educational institutions that received the status of technical university in 1989.
improve	higher
invent	keen
melt	safe
apply	edible

Рис. 4. Примеры сгенерированных заданий в лексическом тренажере
Fig. 4. Examples of generated tasks in the lexical simulator

В таблице представлены результаты сравнения возможностей лексикографических ресурсов для поиска переводных эквивалентов и изучения специальной лексики студентами технических специальностей МГТУ им. Н.Э. Баумана. Основным критерием при отборе лексикографических ресурсов была доступность и частота использования в студенческой среде.

Таким образом, несмотря на наличие больших лингвистических баз данных и словарей, которые содержат в себе значительные объемы информации о каждом ресурсе, для изучения специальной лексики в рамках дисциплины «Иностранный язык» целесообразно использовать ресурсы, привязанные к конкретным учебным пособиям. Более того, в современной лексикографии формируется адресный подход к созданию словарей, то есть делается акцент на потребности рядового пользователя с целью более тонко и дифференцированно реализовать основные принципы лексикографического описания [Самосенкова, Ряполова; 2018; Каримуллина, Каримуллина, 2022]. Таким образом, метод обработки научно-учебных текстов, предложенный в статье, позволит автоматизировать процедуру создания адресных словарей. Кроме того, он может быть также использован для проверки разрабатываемых учебных пособий, контрольных работ и других материалов на наличие основной лексики и количестве ее употреблений в тексте пособия, или же использования незнакомой лексики при создании проверочных работ.

Таблица 1
Table 1

Сравнительный анализ возможностей лексикографических ресурсов по изучению
специальной лексики
Comparative analysis of lexicographic resources for the study of special vocabulary

	Ресурс	Мультитран	Abby Lingvo	Prompt	Словарь Google	Словарь Yandex	Лексический тренажер
Критерий							
1	Количество переводных эквивалентов в словаре	1-50	1-15	1-10	1-20	1-20	1-3
2	Соотнесенность с конкретной предметной областью	+	+	+	+	+	+
3	Привязка к конкретному учебному материалу / пособию	-	-	-	-	-	+
4	Использование карточек для изучения лексики	-	+	-	-	-	+
5	Тестовые задания для изучения лексики	-	-	-	-	-	+
6	Наличие транскрипции и грамматической информации	+	+	+	+	+	+
7	Примеры употребления изучаемой единицы в контексте	-	+	-	+	-	+

Заключение

В статье представлен лексический тренажер по изучению специальной терминологии на основе учебных пособий, используемых на занятиях по иностранному языку на примере лингводидактического ресурса «English in Digital Age» для студентов технических специальностей МГТУ им. Н.Э. Баумана. Основой для разработки лексического тренажера послужил метод обработки учебных пособий, предусматривающий реализацию в несколько этапов: морфологическую, структурную, терминологическую разметки, формирование списков лексических единиц к каждому модулю, подбор переводных эквивалентов и контекстов употребления лексических единиц модуля на основе параллельного корпуса, а также генерацию словарных статей и заданий лексического тренажера на основе шаблонов. Каждая словарная статья лексического тренажера отражает основные грамматические особенности, транскрипцию, переводные эквиваленты и контексты употребления лексической единицы. На основе сравнительного анализа возможностей разных лингвистических ресурсов обосновано, что при изучении иностранного языка студентами технических специальностей МГТУ им. Н.Э. Баумана целесообразно использовать ресурсы, привязанные к конкретным учебным пособиям и содержащим практические задания на усвоение специальной лексики.

Список литературы

- Бутенко Ю.И., Строганов Ю.В., Сапожков А.М. 2022. Система извлечения многокомпонентных терминов и их переводных эквивалентов из параллельных научно-технических текстов. Научно-техническая информация: Серия 2. Информационные процессы и системы, 9: 12–21. DOI: 10.36535/0548-0027-2022-09-3
- Бутенко Ю.И. 2021. Модель учебно-научного текста для разметки корпуса научно-технических текстов. Экономика. Информатика, 1(48): 123–129. DOI:10.52575/2687-0932-2021-48-1-123-129

- Жеребило Т.В. 2009. Типы лексикографической информации в учебном словаре лингвистических терминов. Вестник Мордовского университета, 2(19): 112–121.
- Калугина Л.В., Лосева О.М. 2018. Английский язык в эпоху цифровых технологий. Книга 1 = English in the Digital Age : мультимедийное учебное пособие / Под ред. Гуровой Г.Г. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 108.
- Каримуллина Г.Н., Каримуллина Р.Н. 2022. Медицинская терминология в двуязычной учебной лингвографии. Филология и культура, 2(68): 18–23. DOI: 10.26907/2074-0239-2022-68-2-18-23
- Кокорева А.А. 2013а. Корпус параллельных текстов в обучении иностранному языку. Вестник Тюменского государственного университета. Серия Гуманитарные науки. Педагогика и психология, 2(118): 57–62.
- Кокорева А.А. 2013б. Методические условия обучения студентов профессионально-ориентированной лексики на основе корпуса параллельных текстов. Вестник Тамбовского государственного университета. Серия Гуманитарные науки, 1(117): 142–146.
- Мезит А.Э. 2019. Концепция «Словаря специальной лексики русской гидроэнергетической отрасли». Вопросы лексикографии, 16: 138–152. DOI: 10.17223/22274200/16/8.
- Мячина В.В. 2018. Объём и структура лексико-семантического поля туризм в содержании обучения русскому языку иностранных студентов. Мир науки, культуры, образования, 1(68): 86–87.
- Орлова Е.В. 2019. Электронный учебный словарь коллокаций для специалистов МЧС России как средство развития учебной иноязычной лексической компетенции. Пожарная и аварийная безопасность, 3(14): 32–35.
- Палкова А.В. 2015. Основные понятия электронной лексикографии. Вестник Тверского государственного университета. Серия «Филология», 4: 88–93.
- Самосенкова Т.В., Ряполова М.А. 2018. Инновационное информативное обеспечение личности посредством создания личных словарей. Filologos, 3(38): 46–53. DOI: 10.24888/2079-2638-2018-38-3-46-53
- Сидорова О.Г., Козлова Т.В. 2021. Первые отечественные учебные словари английского языка. Педагогическое образование в России, 1: 8–16. DOI 10.26170/2079-8717_2021_01_01.
- Слободян Е.А. 2010. Обучение методике составления упражнений с помощью Национального корпуса русского языка. Гуманитарные исследования в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, 1: 71–73.
- Тюрина Л.Г. 2005. Состав и структура учебной книги как педагогической системы. Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела, 4: 78–88.
- Тюрина Л.Г. 2007. Особенности текста учебной книги. Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела, 3: 70–73.
- Ятаева Е.В. 2016. Электронный учебный словарь как средство развития учебной иноязычно-лексической компетенции. Вестник Челябинского государственного педагогического университета, 10: 135–140.
- Astrakhantsev N.A., Fedorenko D.G., Turdakov D.Yu. 2015. Methods for automatic term recognition in domain-specific text collections: a survey. Programming and Computer Software, 41: 336–349.
- Bolshina, A., Loukashevitch N. 2020. Automatic labelling of genre-specific collections for word sense disambiguation in Russian. Lecture Notes in Computer Science, 12412: 215–227. DOI 10.1007/978-3-030-59535-7_15
- Tikhomirov M., Loukachevitch N., Sirotina A, Dobrov B. 2020. Using BERT and augmentation in named entity recognition for cybersecurity domain. Lecture Notes in Computer Science, 12089: 16–24. DOI 10.1007/978-3-030-51310-8_2

References

- Butenko Yu.I. 2021. Model of educational texts for markup in a corpus of scientific and technical texts. Economics. Information technologies, 1(48): 123–129. (In Russian). DOI:10.52575/2687-0932-2021-48-1-123-129
- Butenko Yu.I., Stroganov Yu.V., Sapozhkov A.M. 2022. System for extracting multicomponent terms and their translated equivalents from parallel scientific and technical texts. Scientific and Technical Information: Series 2. Information processes and systems, 9: 12–21. (In Russian). DOI: 10.36535/0548-0027-2022-09-3

- Zherebilo, T. V. 2009. Types of lexicographic information in the educational dictionary of linguistic terms. *Vestnik Mordovskogo universiteta*, 2(19): 112–121. (In Russian.)
- Kalugina L. V., Loseva O.M. 2018. English in the Digital Age. Book 1 = English in the Digital Age: multimedia textbook / Edited by Gurova G. G. Moscow: Izd. G. - M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Bauman, 108.
- Karimullina G.N., Karimullina R.N. 2022. Medical terminology in bilingual academic linguography. *Philology and Culture*, 2(68): 18–23. (In Russian.) DOI: 10.26907/2074-0239-2022-68-2-18-23
- Kokoreva A.A. 2013a. Parallel corpus in foreign language teaching. *Tyumen State University Herald. Humanities Research. Humanitates*, 2(118): 57–62.
- Kokoreva A.A. 2013b. Methodological conditions for of professional lexis skills via corpus of parallel texts. *Tambov University Reviews. Series Humanitie*, 1(117): 142–146. (In Russian.)
- Mezit A.E. 2019. The concept of the Russian hydropower industry specific dictionary. *Russian Journal of Lexicography*, 16: 138–152. (In Russian.) DOI: 10.17223/22274200/16/8
- Myachina V.V. 2018. Volume and structure of lexical-semantic field “Tourism” in the contents of teaching Russian language to foreign students. *The world of science, culture and education*, 1(68): 86–87. (In Russian.)
- Orlova E. V. 2019. Electronic learner’s dictionary of collocations for specialists of emercom of Russia as a means of developing lexical competence in English. *Fire and Emergency Safety*, 3(14): 32–35.
- Palkova A.V. 2015. Basic definitions of electronic lexicography. *Vestnik TvSU. Series Philology*, 4: 88–93. (In Russian.)
- Samosenkova T.V., Ryapolova M.A. 2018. Informative providing of the individual by creating targeted dictionaries. *Filologos*, 3(38): 46–53. (In Russian.) DOI: 10.24888/2079-2638-2018-38-3-46-53
- Sidorova, O. G., Kozlova T. V. 2021. The first Russian-English dictionaries compiled in Russia. *Pedagogical Education in Russia*, 1: 8–16. (In Russian.) DOI 10.26170/2079-8717_2021_01_01.
- Slobodyan E.A. 2010. Learning methodology of composing exercises with the help of the Russian national corpus. *Humanities Research in the Russian Far East*, 1: 71–73.
- Tyurina L.G. 2005. Composition and structure of the educational book as a pedagogical system. *Izvestia of higher educational institutions. Problems of polygraphy and publishing*, 4: 78–88.
- Tyurina L.G. 2007. Features of the text of an educational book. *Izvestia of higher educational institutions. Problems of polygraphy and publishing*, 3: 70–73.
- Yataeva E.V. 2016. Learner’s electronic dictionary as a means of foreign language learning lexical competence development. *The Herald of South-Ural state Humanities-Pedagogical University*, 10: 135–140.
- Astrakhtantsev N.A., Fedorenko D.G., Turdakov D.Yu. 2015. Methods for automatic term recognition in domain-specific text collections: a survey. *Programming and Computer Software*, 41: 336–349.
- Bolshina, A., Loukashevitch N. 2020. Automatic labelling of genre-specific collections for word sense disambiguation in Russian. *Lecture Notes in Computer Science*, 12412: 215–227. DOI 10.1007/978-3-030-59535-7_15
- Tikhomirov M., Loukachevitch N., Sirotina A, Dobrov B. 2020. Using BERT and augmentation in named entity recognition for cybersecurity domain. *Lecture Notes in Computer Science*, 12089: 16–24. DOI 10.1007/978-3-030-51310-8_2

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 02.11.2023

Поступила после рецензирования 03.03.2024

Принята к публикации 04.03.2024

Received November 02, 2023

Revised March 03, 2024

Accepted March 04, 2024



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бутенко Юлия Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теоретическая информатика и компьютерные технологии», Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Солошенко Кирилл Александрович, магистрант факультета «Лингвистика», Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Iuliia I. Butenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Theoretical Informatics and Computer Technologies. Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Kirill A. Soloshenko, Master of the Department of Linguistics. Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

УДК 004.89:070.15

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-201-210

Применение автоматизированных методов и алгоритмов для идентификации идеологем новостных текстов

Секерин А.В., Кудинов В.А.

Курский государственный университет,
Россия, 305000, Курская область, г. Курск, ул. Радищева, д. 33
E-mail: alexei.sekerin@yandex.ru, kudinovva@yandex.ru

Аннотация. На современном этапе развития информационного противоборства особое значение приобретает проблема автоматизации процесса категоризации новостных сообщений по центрам влияния, в том числе выявление сообщений, содержащих деструктивные ценностные установки. Несмотря на большое количество публикаций, посвященных описанию методов и технологиям современных информационных войн, лингвистическим аспектам функционирования идеологем, в настоящий момент отсутствуют комплексный подход к автоматизации процесса идентификации идеологем русскоязычных новостных текстов. Целью данного исследования является определение возможности применения автоматизированных методов идентификации идеологем и построение теоретической модели интеллектуальной системы. В результате исследования были проанализированы статистические, нейросетевые и граф-ориентированные подходы, оценена их применимость для идентификации идеологем русскоязычного дискурса посредством искусственных нейронных сетей, а также разработана модель интеллектуальной системы.

Ключевые слова: обработка естественных языков, нейронная сеть, целевой анализ настроений, распознавание именованных сущностей, трансформер, тезаурус

Для цитирования: Секерин А.В., Кудинов В.А. 2024. Применение автоматизированных методов и алгоритмов для идентификации идеологем новостных текстов. Экономика. Информатика. 51(1): 201–210. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-201-210

Usage of Automated Methods and Algorithms for Identification of Ideologemes of News Texts

Alexei V. Sekerin, Vitaly A. Kudinov

Kursk State University
33 Radishcheva St, Kursk, Kursk region, 305000, Russia
E-mail: alexei.sekerin@yandex.ru, kudinovva@yandex.ru

Abstract. At the present stage of the development of information warfare, the problem of automating the process of categorizing news texts by centers of influence, including the identification of messages containing destructive value orientations, is of particular importance. Despite the large number of publications devoted to the description of methods and technologies of modern information wars, linguistic aspects of the functioning of ideologues, there is currently no comprehensive approach to automating the process of identification of ideologues of Russian-language news texts. The purpose of this study is to determine the possibility of applying automated methods identification of ideologies and to build a theoretical model of an intelligent system. As a result of the research, statistical, neural network and graph-oriented approaches were analyzed, their applicability to identify ideologemes of Russian-language discourse through artificial neural networks was evaluated, and an intelligent system model was developed.

Keywords: natural language processing, neural network, targeted sentiment analysis, named-entity recognition, transformer, thesaurus

For citation: Sekerin A.V., Kudinov V.A. 2024. Usage of automated methods and algorithms for identification of ideologemes of news texts. Economics. Information Technologies. 51(1): 201–210. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-201-210

Введение

Современное информационное противоборство характеризуется активным применением массовых коммуникативных практик посредством специфического употребления единиц языка с целью формирования у общности людей (географической, конфессиональной, политической, экономической) заданного мировоззрения (обобщенной системы взглядов на окружающий мир, роль и место в нем человека, а также соответствующих этому идеалов и убеждений), при одновременном обеспечении безопасности актора.

Идеология как теоретически оформленная система идей, выражающая суть социальных интересов различных групп общества, представляет собой рациональный уровень восприятия действительности.

Увеличение числа ежедневно публикуемых новостных публикаций в сети Интернет, содержащих, в том числе, деструктивные ценностные установки различных центров информационного внимания, а также невозможность применения исключительно требующей значительное количество ресурсных и временных затрат экспертной оценки для обеспечения информационно-психологической безопасности населения свидетельствуют о необходимости разработки интеллектуальных систем анализа идеологем как элементов, отражающих политические идеологии и религиозные учения.

Вопрос функционирования идеологем является предметом исследований в сфере лингвистики, политических и компьютерных наук, теории информации и информационных процессов. Учеными применяются несколько подходов к их выявлению в текстах, один из которых базируется на анализе семантической структуры информационного сообщения. Идеологически окрашенные слова и выражения, а также формулировки, вызывающие эмоциональную реакцию, могут указывать на присутствие идеологем.

В диссертационном исследовании С.А. Журавлева идеологема определена как «знаковое образование идеологического метауровня и дискурсивная единица, значимость которой определяется метаконтекстуально» [Журавлев, 2004].

А.П. Чудиновым под «идеологемой» предложено понимать, в первую очередь, слова и словосочетания, значения которых «неодинаково понимаются сторонниками разных политических взглядов», что находит отражение в эмоциональной окраске слова, «на которое переносится оценка соответствующего явления», а во-вторых, слова и словосочетания, используемые «только сторонниками определенных политических взглядов» [Чудинов, 2012].

А.А. Карамовой предложена классификация идеологем, широко применяемая в настоящее время отечественными лингвистами [Карамова, 2015]:

- лексика и фразеологизмы с идеологическим макрокомпонентом (собственно идеологемы), включающие термины, хотя бы одно из лексических значений которых содержат идеологический компонент;
- идеологизированная лексика – слова и словосочетания, денотация которых осложнена идеологическим микрокомпонентом, отражающим субъективное отношение определенной идеологии к обозначаемому понятию в виде квалификации «свой/чужой»;
- смысловые (контекстуальные, контекстные) идеологемы, идеологическое значение которых не отражается в самой структуре, а формируется контекстом употребления.

В рамках настоящего исследования под идеологемой понимается лексико-фразеологическая единица (слово или словосочетание), отражающая политическую или религиозную идеологию и имеющую высокую степень оценочности.

Целью настоящего исследования является определение возможности применения автоматизированных методов идентификации идеологем и построение теоретической модели интеллектуальной системы.

Для достижения цели исследования необходимо выполнить следующие задачи:

1. Провести анализ методов и алгоритмов классификации текстов по идеологическому принципу и оценить возможность их применения для идентификации идеологем.

2. Разработать модель интеллектуальной системы идентификации идеологем.

Новизна проведенного исследования состоит в обосновании актуальности проблемы автоматической идентификации идеологем и её постановки с помощью расширения существующей проблемы нейросетевой классификации текстов по идеологическому принципу.

Теоретическое применение полученных результатов состоит в установлении методов и алгоритмов, применяемых в процессах автоматизированного анализа идеологических категорий текста.

Практическое значение полученных результатов состоит в возможности использования разработанной теоретической модели для построения интеллектуальных систем идентификации идеологем с использованием искусственных нейронных сетей.

Анализ подходов к автоматизированной идентификации идеологем

В настоящее время в отечественной и зарубежной лингвистике развиты несколько подходов к применению компьютерных методов для автоматизации процесса идентификации идеологем, которые могут быть разделены на 2 группы:

- статистические;
- на основе моделей машинного обучения.

Статистические критерии успешно используются для выявления смысловых (контекстуальных) идеологем в корпусах русскоязычных текстов. В исследовании В.А. Яцко [Яцко, 2016] на основе метода построения таблиц сопряженности («таблиц совместного распределения частот двух и более номинативных признаков, измененных на группе объектов» [Наследов, 2004]) значение критерия хи-квадрат интерпретируется как степень зависимости между данным словом и исследуемым корпусом текстов. Автор делает вывод об отнесении данного слова к категории «идеологема», если вес хи-квадрат термина критическое значение Q , определяемое на основе количества степеней свободы $df = 1$ и уровня значимости $\alpha = 0.05$.

В работах Н.К. Радиной предлагается подход, учитывающий не только разницу частотности слова в исследуемом корпусе относительно эталонного, но частоту употребления идеологемы в тексте и его эмоциональную окраску и оценочность [Радина и др., 2018]. Для каждого слова в изучаемой коллекции вычисляется оценка ipm – число его упоминаний в тексте длиной миллион слов. Результаты сравниваются с эталонными значениями частот в Национальном корпусе русского языка. Выполняется ранжирование кандидатов, у которых $ipm > ipm_{\text{эталон}}$, с учетом статистической метрики TF-IDF с целью выявления частотных слов конкретного текста. Однако авторы не уточняют, какое значение метрики является критическим для отбора и дальнейшего экспертного анализа.

$$tfidf_{t,D} = \frac{n_{t,D}}{\sum_k n_{k,D}} \times \log \frac{|D|}{|\{d_i \in D \mid t_i \in d_i\}|},$$

где

$n_{t,D}$ – число упоминаний слова t в документе;

$\sum_k n_{k,D}$ – число слов в документе;

$|D|$ – количество документов в исследуемой коллекции;

$|\{d_i \in D \mid t_i \in d_i\}|$ – количество документов из коллекции D , где слово t встречается хотя бы единожды.

Смежной с задачей идентификации идеологием является проблема определения экстремистских текстов, решения которой включают системы автоматического поиска по ключевым словам и фрагментам текста, отражающим деструктивные политические идеологии. Развитие данного направления в отечественной науке связано с законодательными ограничениями на распространение экстремистских материалов.

В работах группы М.И. Петровского предложен двухэтапный алгоритм выявления экстремистских текстов, включающий выявление ключевых фрагментов посредством латентно-семантического анализа (ЛСА) [Машечкин и др., 2016] и проверки найденных по шаблонам, составленным на основе набора Ansar1 [Petrovskiy et al., 2017].

Задача идентификации идеологием может рассматриваться как приложение к решению проблемы автоматической классификации текстов по политическим идеологиям посредством применения искусственных нейронных сетей. В зарубежной литературе преобладает тенденция к разработке моделей глубокого обучения, входными данными которых является текст, а выходными – метка наименования политической идеологии или религиозного течения.

Одним из подходов к интерпретации предсказаний, а именно определение токенов – элементов текста, повлиявших на ответ, является адаптивное предсказание Шепли [Lundberg, 2020] – теоретико-игровой метод, основанный на оценке влияния отдельных признаков примера на прогнозируемое решение. В его основе построение вектора Шепли, то есть такого распределения выигрыша, в котором каждый игрок получает математическое ожидание своего вклада в соответствующие коалиции, определяемое формулой:

$$\Phi(\mathcal{G})_i = \sum_{i=1}^k \frac{(k-1)!(n-k)!}{n!} (\mathcal{G}(K) - \mathcal{G}(K \setminus i)),$$

где:

n – число игроков,

k – количество участников коалиции K .

Применительно к интерпретации языковых моделей под игроками подразумеваются токены (фрагменты) текста, а коалициями – прогнозируемые классы.

В 2006 г. исследователи [Yu et al., 2008] применили метод опорных векторов и наивный байесовский классификатор для автоматического определения партийной принадлежности авторов текстов (демократ или республиканец) выступлений в Конгрессе США.

В работе [Biessmann, 2016] авторы проанализировали стенограммы выступлений представителей 5 политических партий в немецком бундестаге 17 и 18 созыва, получив среднюю точность 0.61 при использовании метода логистической регрессии.

Анализ 25 000 текстовых сообщений [Prati et al., 2019] из социальных сетей испанского сегмента сети Интернет и применение методов k -ближайших соседей и случайного леса позволило кластеризовать информационное политическое поле, связанное с выборами 2015 г.

Рекуррентные нейронные сети [Iyyer et al., 2014] активно используются для классификации политических текстов. Модель долгой краткосрочной памяти (LSTM) применена в работе [Rao et al., 2016] для определения текстов сторонников республиканцев и демократов, а в [Li et al., 2017] целевая двунаправленная сверточно-рекуррентная модель – классификации коротких текстов по идеологическому принципу.

Языковая модель двунаправленного кодировщика архитектуры трансформер (BERT) [Devlin et al., 2019] применена в работах [Crothers et al., 2019; Baly et al., 2020] для выявления ключевых слов, чрезмерно используемых в прошлых политических кампаниях в тексте и предсказания сторонников идеологий.

Применение нейросетевых методов для анализа русскоязычного идеологического поля осложнено рядом факторов. В диссертационном исследовании И.Г. Мелешкина [Мелешкин,

2008] делается вывод о том, что для некоторых политических партий (например, «Справедливая Россия») характерна стадия формирования идеологии, в других же случаях идеология отсутствует, заменяясь образом лидера (В.В. Жириновский в ЛДПР). В статьях [Татаркин, 2014; Абзалбеков, 2019] анализируется разница между фактическими ценностями политических объединений и декларируемыми в программных документах идеологиями.

В работе [Schuhmacher et al., 2014] доказана возможность применения графов для моделирования текстовых документов. Китайскими исследователями [Chen et al., 2017] предложен алгоритм выявления описываемой в тексте политической идеологии на основе анализа графа мнений, содержащего связи между сущностями текста и отношения к ним представителей политических движений.

В статье [Feng et al., 2021] описан метод формирования посредством искусственных нейронных сетей графа политических знаний, представленного в виде словаря, в котором понятия расположены на основании степени смысловой близости, т. е. идеографического словаря, или тезауруса. Тезаурусы современного типа не только точно показывают семантические отношения, но и создают модель национального мировосприятия, поэтому отражают действия центров информационного влияния.

Применение векторных языковых моделей, представляющих собой числовое представление графовых структур, для построения семантической сети слов и выявления тезаурусных отношений рассмотрено в русскоязычных диссертационных исследованиях [Установ, 2018; Алексеевский, 2018; Тихомиров, 2022]. В работе К.В. Лунева [Лунев, 2021] тезаурус создается на основе построенного автоматически графа совстречаемости ключевых слов текстов.

Обладая свойством оценочности, идеологемы по-разному воспринимаются сторонниками и противниками политических движений и религиозных течений. В связи с этим актуальной остается проблема определения авторской позиции (stance detection) – автоматического извлечения реакции (положительной, отрицательной, нейтральной) субъекта на заявление, сделанное актором, относительно целевого объекта [Mohammad et al., 2016]. Частным случаем решения этой задачи является определение тональности текста относительно упоминаемого целевого объекта – целевой анализ настроений.

В работе [Hosseini-Asl et al., 2022] описан алгоритм дообучения моделей архитектуры GPT для объектно-ориентированного сентимент-анализа на английском языке. В [Moloshnikov et al., 2023] исследована применимость модели архитектуры T5, состоящей из слоев кодировщика, аналогичных BERT, и слоев декодировщика GPT, для решения задачи для русскоязычных текстов.

Теоретическая модель интеллектуальной системы идентификации идеологем

Идентификация идеологем является многоэтапным процессом, автоматизация которого требует рассмотрения многих факторов и разработку новых методов и алгоритмов.

Проведенный анализ показал, что в настоящий момент существуют различные подходы к применению ЭВМ для решения задачи классификации идеологических категорий в текстах, однако получившие широкое распространение за рубежом модели машинного обучения, обеспечивающие классификацию политических текстов на уровне документов, не могут быть применены для моделирования русскоязычного информационного поля, что потребует разработки алгоритмов автоматического поиска косвенных упоминаний идеологий.

Имеется возможность адаптации модели таргетного анализа настроений русскоязычных текстов для выявления авторской позиции относительно идеологем, выражающих политические идеологии.

Существующие методы построения тезаурусных отношений могут быть применены для построения справочников политических и религиозных ассоциаций на основе контекстов употребления идеологем в новостных статьях.

Теоретическая модель интеллектуальной информационной системы, входными данными которой является текст новостной публикации, а выходными – его идеологемы с указанием идеологии и авторской позиции по отношению к ней, включает следующие подсистемы:

- модуль предварительной обработки текстовых данных;
- модуль генерации религиозно-политических ассоциаций (идеологем текста);
- модуль целевого анализа настроений;
- модуль классификации идеологий;
- модуль итоговой обработки данных.

Модуль генерации религиозно-политических ассоциаций представляет собой обученную с учителем нейросетевую модель преобразования текстовых последовательностей (text-to-text), осуществляющую построение ассоциативных рядов политических и религиозных терминов по аналогии с решением задачи машинного перевода. В качестве набора обучающих данных могут выступать как размеченные экспертами новостные тексты, так и сгенерированные с помощью ассоциативных словарей и моделей машинного обучения датасеты. В модуле должен быть реализован алгоритм поиска фрагментов текста (потенциальные идеологемы), приведших к генерации термина ассоциативного ряда.

Нейросетевой модуль целевого анализа настроений обеспечивает классификацию авторской позиции по отношению к потенциальным идеологемам, в том числе именам публичных личностей, наименований организаций и государств.

Модуль классификации идеологий должен включать семантическую сеть-тезаурус понятий идеологических категорий, созданный в том числе на основе автоматического анализа контекстов употребления слов и словосочетаний русскоязычных политических текстов, и обеспечивать поиск соответствующей религиозной или политической ассоциации идеологии.

Модуль итоговой обработки данных осуществляет аккумуляцию выходных параметров нейросетевых модулей, осуществляя вывод эмоционально окрашенных ассоциативных стимулов и соответствующих им наименований политических идеологий-рефлексов.

На рис. 1 представлена модель интеллектуальной системы классификации идеологем русскоязычных новостных публикаций.



Рис 1. Модель интеллектуальной системы
Fig 1. The model of the intelligent system

Представленная теоретическая модель описывает процессы, проводимые экспертами-лингвистами в рамках анализа идеологем. Создание программного комплекса потребует решения ряда технических задач, в том числе разработку алгоритмов формирования обучающих наборов данных, содержащих соответствующую назначениям модулей идеологическую разметку, а также выбор метрик оценки качества моделей машинного обучения.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование указывает на существенное внимание к проблеме идентификации идеологем как элементов информационного противоборства, а также возможность применения автоматизированных методов для её решения. Приведено обоснование использования подхода на основе искусственных нейронных сетей с учетом адаптации алгоритмов, применяемых для решения смежных задач.

В процессе исследования поставлена проблема автоматической идентификации идеологем как совокупности проблем преобразования последовательностей, целевого анализа настроений и построения тезаурусных отношений, а также разработана теоретическая модель интеллектуальной системы, обеспечивающей выявление идеологем русскоязычного текста.

Список источников

1. Наследов А.Д. 2004. Математические методы психологического исследования: анализ и интерпретация данных: учеб. пособие. СПб.: Речь, (ГПП Печ. Двор), 389 с.
2. Чудинов А.П. 2012. Политическая лингвистика: учебное пособие. 4-е изд. Москва, Флинта, Наука, 254 с.

Список литературы

- Абзалбеков Б.С. 2019. Особенности ценностно-нормативных ориентаций современных политических партий России. Известия Уральского федерального университета. Сер. 3, Общественные науки, 14, 2 (188): 74–84.
- Алексеевский Д.А. 2018. Методы автоматического выделения тезаурусных отношений на основе словарных толкований: диссертация на соискание ученой степени кандидата филологических наук: 10.02.21. Москва, 142 с.
- Журавлев С.А. 2004. Идеологемы и их актуализация в русском лексикографическом дискурсе: диссертация на соискание ученой степени кандидата филологических наук: 10.02.01. Йошкар-Ола.
- Карамова А.А. 2015. Идеологемы: определение понятия и типология. Современные проблемы науки и образования, 2: 1.
- Лунев К.В. 2021. Теоретико-графовые алгоритмы выявления семантической близости между понятиями на основе анализа наборов ключевых слов взаимосвязанных объектов: диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук: 05.13.17. Москва, 195 с.
- Машечкин И.В., Петровский М.И., Пospelова И.И., Царёв Д.В. 2016. Методы автоматического аннотирования и выделения ключевых слов в задачах обнаружения экстремистской информации в сети Интернет. Современные информационные технологии и ИТ-образование, 12(1): 188–198.
- Мелешкин И.Г. 2008. Идеологии политических партий в условиях трансформации партийной системы современной России: диссертация на соискание ученой степени кандидата политических наук: 23.00.02. Санкт-Петербург, 210 с.
- Радина Н.К., Козлова А.В., Набокова А.А. 2018. Методы изучения политического поля: Алгоритм идентификации контекстуальных идеологем (На примере региональной культурной политики). Политическая наука, 2: 252–270.
- Татаркин В.Е. 2014. Идеология политических партий в условиях реформирования партийной системы современной России. Среднерусский вестник общественных наук, 4 (34): 39–44.
- Тихомиров М.М. 2022. Методы автоматизированного пополнения графов знаний на основе векторных представлений: диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук: 05.13.11. Москва, 119 с.
- Усталов Д.А. 2017. Модели, методы и алгоритмы построения семантической сети слов для задач обработки естественного языка: диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук: 05.13.17. Москва, 129 с.
- Яцко В.А. 2016. Распределение хи-квадрат и взвешивание терминов. Символ науки, 3-3: 105–107.
- Baly R, Da San Martino G., Glass J., Nakov P. 2020. We Can Detect Your Bias: Predicting the Political Ideology of News Articles. In Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural

- Language Processing (EMNLP), Association for Computational Linguistics: 4982–4991.
- Biessmann F. 2016. Automating political bias prediction.
- Chen W., Xiao Z., Wang T., Yang B., Yi L. 2017. Opinion-aware Knowledge Graph for Political Ideology Detection. Twenty-Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence. IJCAI-17: 3647–3653. DOI 10.24963/ijcai.2017/510
- Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. 2019. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language. Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics. Human Language Technologies. Minneapolis, Minnesota. Association for Computational Linguistics. 1: 4171–4186.
- Crothers, E., Japkowicz, N., Viktor, H. L. 2019. Towards Ethical Content-Based Detection Of Online Influence Campaigns. IEEE 29th International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP): 1–6. DOI 10.1109/mlsp.2019.8918842
- Feng S., Chen Z., Zhang W., Li Q., Zheng Q., Chang X., Luo M. 2021. KGAP: Knowledge Graph Augmented Political Perspective Detection in News Media. arXiv (Cornell University). DOI 10.48550/arxiv.2108.03861
- Hosseini-Asl E., Liu W., Xiong C. 2022. A generative language model for few-shot Aspect-Based sentiment analysis. arXiv (Cornell University). DOI 10.48550/arxiv.2204.05356.
- Iyyer M., Enns P., Boyd-Graber J., Resnik P. 2014. Political ideology detection using recursive neural networks. In Proceedings of the 52nd annual meeting of the Association for Computational Linguistics. 1: 1113–1122.
- Li X., Chen W., Wang T., Huang W. 2017. Target-Specific Convolutional Bi-directional LSTM Neural Network for Political Ideology Analysis. Web and Big Data. APWeb-WAIM 2017. Lecture Notes in Computer Science. Springer, Cham. 10367: 64–72.
- Lundberg S. M. et al. 2020. From local explanations to global understanding with explainable AI for trees. Nature machine intelligence, 2(1): 56–67.
- Mohammad S., Kiritchenko S., Sobhani P., Zhu X., Cherry C. 2016. Semeval-2016 task 6: Detecting stance in tweets. In Proceedings of the 10th international workshop on semantic evaluation (SemEval-2016): 31–41.
- Moloshnikov I., Skorokhodov M., Naumov A., Rybka R., Sboev A. 2023. Named Entity-Oriented Sentiment Analysis with text2text Generation Approach. In Proceedings of the International Conference “Dialogue”.
- Petrovskiy M., Tsarev D., Pospelova I. 2017. Pattern based information retrieval approach to discover extremist information on the Internet. In Mining Intelligence and Knowledge Exploration: 5th International Conference, MIKE 2017, Hyderabad, India, December 13–15, 2017. Springer International Publishing. 5: 240–249. DOI 10.1007/978-3-319-71928-3_24.
- Prati R. C., Said-Hung E. 2019. Predicting the ideological orientation during the Spanish 24M elections in Twitter using machine learning. AI & SOCIETY. 34: 589–598. DOI 10.1007/s00146-017-0761-0.
- Rao A., Spasojevic N. 2016. Actionable and political text classification using word embeddings and LSTM.
- Schuhmacher M., Ponzetto S.P. 2014. Knowledge-based graph document modeling. Proceedings of the 7th ACM international conference on Web search and data mining: 543–552.
- Yu B., Kaufmann S., Diermeier D. 2008 Classifying Party Affiliation from Political Speech. Journal of Information Technology & Politics. 5: 33–48. DOI 10.1080/19331680802149608.

References

- Abzalbekov, B.S. 2019. Normative and Value Orientations of Modern Political Parties of Russia. Tempus et Memoria, 14, 2 (188): 74–84. (in Russian)
- Alekseevskij D.A. 2018. Metody avtomaticheskogo vydeleniya tezaurusnyh otnoshenij na osnove slovarnyh tolkovaniy: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata filologicheskikh nauk [Methods of Automatic Allocation of Thesaurus Relations based on Dictionary Interpretations: Dissertation for the Degree of Candidate of Philological Sciences]: 10.02.21. Moscow, 142 p. (in Russian)
- Zhuravlev S.A. 2004. Ideologemy i ih aktualizacija v russkom leksikograficheskom diskurse: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata filologicheskikh nauk [Ideologemes and Their actualization in Russian Lexicographic Discourse: Dissertation for the Degree of Candidate of Philological Sciences]: 10.02.01. Yoshkar-Ola (in Russian)
- Karamova A.A. 2015. Ideologemes: notion definition and typology. Modern problems of science and education, 2: 1. (in Russian)

- Lunev K.V. 2021. Teoretiko-grafovye algoritmy vyjavlenija semanticheskoy blizosti mezhdu ponjatijami na osnove analiza naborov ključevyh slov vzaimosvjazannyh objektov: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata fiziko-matematicheskikh nauk [Graph-Theoretical Algorithms for Identifying Semantic Proximity Between Concepts Based on the Analysis of Keyword of Interrelated Objects: Dissertation for the Degree of Candidate of Physical and Mathematical Sciences]: 05.13.17. Moscow, 195 p. (in Russian)
- Mashechkin I., Petrovskiy M., Pospelova I., Tsarev D. 2016. Automatic summarization and keywords extraction methods for discovering extremist information on the Internet. *Modern Information Technologies and IT-Education*, 12(1): 188–198. (in Russian)
- Meleshkin I.G. 2008. Ideologii politicheskikh partij v uslovijah transformacii partijnoj sistemy sovremennoj Rossii: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata politicheskikh nauk [Ideologies of Political Parties in the Context of the Transformation of the Party system in Modern Russia: Dissertation for the Degree of Candidate of Political Sciences]: 23.00.02. Saint Petersburg, 210 p. (in Russian)
- Radina N.K., Kozlova A.V., Nabokova A.A. 2018. Methods of studying the political field: The algorithm of contextual ideologemes identification (on the example of regional cultural policy). *Political science (RU)*, 2: 252–270. (in Russian)
- Tatarkin V.E. 2014. Ideologija politicheskikh partij v uslovijah reformirovanija partijnoj sistemy sovremennoj Rossii [The Ideology of Political Parties in the Context of Reforming the party System in Modern Russia.]. *Central Russian Journal of Social Sciences*, 4 (34): 39–44. (in Russian)
- Tihomirov M.M. 2022. Metody avtomatizirovannogo popolnenija grafov znanij na osnove vektornykh predstavlenij: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata fiziko-matematicheskikh nauk [Methods of Automated Replenishment of Knowledge Graphs Based on Vector Representations: Dissertation for the Degree of Candidate of Physical and Mathematical Sciences]: 05.13.11. Moscow, 119 p. (in Russian)
- Ustalov D.A. 2017. Modeli, metody i algoritmy postroenija semanticheskoy seti slov dlja zadach obrabotki estestvennogo jazyka: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata fiziko-matematicheskikh nauk [Models, Methods and Algorithms for Building a Semantic Network of Words for Natural Language Processing Tasks: Dissertation for the Degree of Candidate of Physical and Mathematical Sciences]: 05.13.17. Moscow, 129 p (in Russian)
- Jacko V.A. 2016. Raspredelenie Hi-kvadrat i vzveshivanie terminov [Chi-Squared Distribution and Term Weighting]. *Symbol of science*, 3-3: 105–107. (in Russian)
- Baly R, Da San Martino G., Glass J., Nakov P. 2020. We Can Detect Your Bias: Predicting the Political Ideology of News Articles. In *Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*, Association for Computational Linguistics: 4982–4991.
- Biessmann F. 2016. Automating political bias prediction.
- Chen W., Xiao Z., Wang T., Yang B., Yi L. 2017. Opinion-aware Knowledge Graph for Political Ideology Detection. *Twenty-Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence. IJCAI-17*: 3647–3653. DOI 10.24963/ijcai.2017/510
- Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. 2019. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language. *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics. Human Language Technologies. Minneapolis, Minnesota. Association for Computational Linguistics*. 1: 4171–4186.
- Crothers, E., Japkowicz, N., Viktor, H. L. 2019. Towards Ethical Content-Based Detection Of Online Influence Campaigns. *IEEE 29th International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP)*: 1–6. DOI 10.1109/mlsp.2019.8918842
- Feng S., Chen Z., Zhang W., Li Q., Zheng Q., Chang X., Luo M. 2021. KGAP: Knowledge Graph Augmented Political Perspective Detection in News Media. *arXiv (Cornell University)*. DOI 10.48550/arxiv.2108.03861
- Hosseini-Asl E., Liu W., Xiong C. 2022. A generative language model for few-shot Aspect-Based sentiment analysis. *arXiv (Cornell University)*. DOI 10.48550/arxiv.2204.05356.
- Iyyer M., Enns P., Boyd-Graber J., Resnik P. 2014. Political ideology detection using recursive neural networks. In *Proceedings of the 52nd annual meeting of the Association for Computational Linguistics*. 1: 1113–1122.
- Li X., Chen W., Wang T., Huang W. 2017. Target-Specific Convolutional Bi-directional LSTM Neural Network for Political Ideology Analysis. *Web and Big Data. APWeb-WAIM 2017. Lecture Notes in Computer Science. Springer, Cham*. 10367: 64–72.



- Lundberg S. M. et al. 2020. From local explanations to global understanding with explainable AI for trees. *Nature machine intelligence*, 2(1): 56–67.
- Mohammad S., Kiritchenko S., Sobhani P., Zhu X., Cherry C. 2016. Semeval-2016 task 6: Detecting stance in tweets. In *Proceedings of the 10th international workshop on semantic evaluation (SemEval-2016)*: 31–41.
- Moloshnikov I., Skorokhodov M., Naumov A., Rybka R., Sboev A. 2023. Named Entity-Oriented Sentiment Analysis with text2text Generation Approach. In *Proceedings of the International Conference “Dialogue”*.
- Petrovskiy M., Tsarev D., Pospelova I. 2017. Pattern based information retrieval approach to discover extremist information on the Internet. In *Mining Intelligence and Knowledge Exploration: 5th International Conference, MIKE 2017, Hyderabad, India, December 13–15, 2017*. Springer International Publishing. 5: 240–249. DOI 10.1007/978-3-319-71928-3_24.
- Prati R. C., Said-Hung E. 2019. Predicting the ideological orientation during the Spanish 24M elections in Twitter using machine learning. *AI & SOCIETY*. 34: 589–598. DOI 10.1007/s00146-017-0761-0.
- Rao A., Spasojevic N. 2016. Actionable and political text classification using word embeddings and LSTM.
- Schuhmacher M., Ponzetto S.P. 2014. Knowledge-based graph document modeling. *Proceedings of the 7th ACM international conference on Web search and data mining*: 543–552.
- Yu B., Kaufmann S., Diermeier D. 2008 Classifying Party Affiliation from Political Speech. *Journal of Information Technology & Politics*. 5: 33–48. DOI 10.1080/19331680802149608.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 29.01.2024

Received January 29, 2024

Поступила после рецензирования 26.02.2024

Revised February 26, 2024

Принята к публикации 29.02.2024

Accepted February 29, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Секерин Алексей Викторович, аспирант кафедры программного обеспечения и администрирования информационных систем, Курский государственный университет, г. Курск, Россия

Кудинов Виталий Алексеевич, доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры программного обеспечения и администрирования информационных систем, Курский государственный университет, г. Курск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexei V. Sekerin, Postgraduate Student, Department of Software and Administration of Information Systems, Kursk State University, Kursk, Russia

Vitaly A. Kudinov, Doctor of Pedagogy, Professor, Professor of the Department of Software and Information Systems Administration, Kursk State University, Kursk, Russia

УДК 338.012

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-211-220

Смарт-контракты и цифровая платформа для нефтяного рынка

¹Терешкин С.И., ¹Малышевский П.В., ¹Белова И.В., ¹Бабкин В.А., ²Бабкин И.А.

¹АО «ОПЕН ОЙЛ МАРКЕТ»

Россия, 115419, г. Москва, вн.тер.г. Муниципальный округ Донской,
ул. Орджоникидзе, д. 11, стр. 10

²ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»

Россия, 125167, Москва, пр-кт Ленинградский, д. 49/2

E-mail: mail@res-rs.ru, itdir@res-rs.ru, belova.iv@org-market.com, research@org-market.com,
naliab@yandex.ru

Аннотация. Цифровизация операционных процессов, развитие сервисов на основе технологии искусственного интеллекта, Big Data, блокчейн – все эти технологические тренды с каждым годом все чаще внедряются организациями, разрабатывающими и эксплуатирующими цифровые платформы. С каждым годом пользователи предъявляют все более повышенные требования не только к дизайну, но и к его функциональности. Это определило цель настоящей исследовательской работы – теоретическое исследование применения технологии блокчейн в деятельности цифровой платформы для покупки и продажи нефтепродуктов. Методология настоящего исследования базируется на изучении теоретических основ и опыта применения блокчейна в различных цифровых платформах. Объектом настоящего исследования выступает технология блокчейн. Предметом исследования являются смарт-контракты. В результате исследования нами было определено, что наиболее перспективным инновационным решением, основанным на технологии блокчейн, для интеграции в цифровую платформу являются смарт-контракты.

Ключевые слова: цифровая экономика, маркетплейс, блокчейн, информационные технологии, договор

Для цитирования: Терешкин С.И., Малышевский П.В., Белова И.В., Бабкин В.А., Бабкин И.А. 2024. Смарт-контракты и цифровая платформа для нефтяного рынка. Экономика. Информатика, 51(1): 211–220. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-211-220

Smart Contracts and Digital Platform for the Oil Market

¹Sergey I. Tereshkin, ¹Pavel V. Malyshevsky, ¹Irina V. Belova, ¹Vladimir A. Babkin,

²Ilya A. Babkin

¹JSC «OPEN OIL MARKET»

11-10, Ordzhonikidze St, Moscow, 115419, Russia

Financial University under the Government of the Russian Federation

²49/2 Leningradsky Ave, Moscow, 125167, Russia

E-mail: mail@res-rs.ru, itdir@res-rs.ru, belova.iv@org-market.com, research@org-market.com,
naliab@yandex.ru

Abstract. Digitalization of operational processes, development of services based on artificial intelligence technology, Big Data, blockchain – all these technological trends are increasingly being implemented every year by organizations developing and operating digital platforms. Every year users place increasingly higher demands not only on design, but also on its functionality. This determined the purpose of this research work – a theoretical study of the use of blockchain technology in the activities of a digital platform for the purchase and sale of petroleum products. The methodology of this study is based on studying the theoretical foundations and experience of using blockchain technology in various digital platforms. The object of this study is blockchain technology. The object of this study is blockchain technology. The subject of the study is smart contracts. As a result of the study, we determined that the most promising innovative solution based on blockchain technology for integration into a digital platform is smart contracts.

Keywords: digital economy, marketplace, blockchain, information technology, agreement

For citation: Tereshkin S.I., Malyshevsky P.V., Belova I.V., Babkin V.A., Babkin I.A. 2024. Smart contracts and digital platform for the oil market. Economics. Information technologies. 51(1): 211–220. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-211-220

Введение

Развитие информационных технологий в настоящий период времени характеризуется активным использованием технологий блокчейн и искусственного интеллекта в самых разнообразных сферах народного хозяйства. В предыдущих работах авторским коллективом было подробно рассмотрено применение вышеуказанных перспективных технологий в самых различных отраслях экономики Российской Федерации и за рубежом [Босенко, 2019; Терешкин и др., 2021]. Для получения полноценного представления о том, применима ли технология блокчейн для того, чтобы стать полноценным элементом цифровой платформы для покупки и продажи нефтепродуктов, авторскому коллективу необходимо определить и проанализировать, каким образом её возможно адаптировать в цифровую платформу.

Ником Сабо в 1994 году на основе его исследований было предложено для широкой общественности понятие смарт-контракт. Являясь ученым, чьи научные интересы затрагивали такие сферы научного знания, как юриспруденция и криптография, он также заложил основы цифровой валюты. В понимании Ника Сабо смарт-контракты выступали симбиозом определённых обязательств, которые возникают между сторонами в процессе заключения сделки, и запрограммированного протокола, который инициирует исполнение вышеуказанных обязательств. Другими словами, смарт-контракт является определённым программным продуктом, который исполняет условия сделки, в ответ на выполнение заранее определённых критериев. Итогом исполнения могут выступать: перевод денежных средств между участниками сделки, оказание заранее определённого перечня услуг, обеспечение защиты конфиденциальности и другие.

При текущем уровне развития науки и технологии существует значительное количество функциональных возможностей и программных продуктов, которые позволяют реализовывать возможности, заложенные в смарт-контрактах. К примеру, смарт-контракты могут выступать неотъемлемой частью используемой в организации технологии распределённого реестра с использованием различных платёжных механизмов, включающие разнообразные криптовалюты. В рамках настоящего исследования необходимо определить целесообразность интеграции смарт-контрактов в Мультинаправленную платформу.

Объект и методы исследования

В рамках настоящего исследования авторами, благодаря системному и комплексному изучению теоретического опыта, основанного на работах наиболее именитых коллег, и имеющегося опыта применения смарт-контрактов в деятельности цифровых платформ, были определены объект, предмет и методы исследования. Используя вышеуказанный подход к поиску и анализу информации, авторы исходили из нескольких причин: 1) изучение современного опыта использования технологии блокчейн в цифровых платформах позволит определить целесообразность её интеграции в разрабатываемый продукт; 2) анализ и изучение существующих преимуществ и недостатков вышеуказанных решений, что в самой ближайшей перспективе позволит оперативно доработать и интегрировать необходимую функциональность и избежать сложности в процессе разработки и тестирования. На основе полученной информации и изучения значительного количества научных источников авторами выявлены два наиболее подходящих решения, основанных на технологии блокчейн: смарт-контракты и контроль за цепочками поставок продукции клиентам. Указанные направления технологии распределённого реестра наиболее распространены и проработаны и интересны с точки зрения углубленного изучения [Загеева, Иванова, 2017; Tezel et al., 2020; Sokolov, Kolosov, 2021]. Объектом

настоящего исследования выступает технология блокчейн. Предметом исследования являются смарт-контракты.

Результаты и их обсуждение

В текущей операционной деятельности различные организации при проведении операций с использованием технологии блокчейн используют смарт-контракты, которые, благодаря заложенной в них функциональности, реализуют заранее определённые условия, взятые на себя участниками сделки. Использование технологии распределённого реестра и смарт-контрактов положительным образом сказывается на снижении издержек, которые могли бы понести участники при заключении и выполнении условий сделки [Волос, 2020; Симатова, 2022].

Процесс создания смарт-контракта включает в себе работу самых различных специалистов, таких как юристы и разработчики. В данном случае задача, распределённая на разработчика, должна содержать в себе требования к алгоритму реализации смарт-контракта. Иными словами, должны быть определены события или обстоятельства, которые послужат инициатором исполнения смарт-контракта. Например: авторизация платежа, передача продукции покупателю, факт оказания услуги и т. д. В зависимости от предмета договора, на основе которого и программируется смарт-контракт, могут выступать самые различные события [Пилькевич, Ковальчук, 2022].

Существует определённый алгоритм, согласно которому осуществляется создание и дальнейшее исполнение смарт-контракта: 1) определение и фиксация условий сделки; 2) создание смарт-контракта с использованием необходимого программного продукта; 3) регистрация смарт-контракта к различным внутренним и внешним системам; 4) ожидание выполнения критериев и условий, прописанных в смарт-контракте, в определённый промежуток времени; 5) исполнение смарт-контракта при реализации всех условий договора.

В данном случае технология распределённого реестра выступает наиболее подходящим технологическим решением, которое нужно использовать в целях хранения смарт-контракта. Данные, заложенные в них, зашифрованы в общем реестре, что является практически стопроцентной гарантией того, что они будут сохранены в неизменном виде, и снижает до минимума риск потери информации, хранящейся в блоках [Пилькевич, Ковальчук, 2022]. При идеальных условиях и с помощью функциональных возможностей цифровой платформы создаются смарт-контракты, и осуществляется процесс тестирования логики их работы и анализ на наличие уязвимостей. После указанного этапа и соблюдения всех протоколов смарт-контракт развёртывается на существующей инфраструктуре технологии распределённого реестра.

В процессе исследования для получения комплексного представления об объекте и предмете целесообразно проанализировать преимущества и недостатки смарт-контрактов, которые были выявлены пользователями разнообразных цифровых платформ из самых разных сфер государства и бизнеса. Только обладая наиболее объективными данными, авторы смогут определить целесообразность интеграции смарт-контрактов в цифровую платформу для покупки и продажи нефтепродуктов. Определены следующие преимущества: 1) смарт-контракты позволяют обеспечить автоматизацию отдельных бизнес-процессов, что положительным образом отразится в виде снижения различных издержек; 2) значительным образом повысят скорость обработки бизнес-процессов, которые реализуются в нескольких организациях; 3) автоматизация в исполнении смарт-контракта минимизирует потребность участия третьих лиц в транзакции денежных средств между участниками сделки; 4) использование технологии распределённого реестра гарантирует прозрачность и безопасность данных, используемых в сделке [Малыгин, 2023].

Для формирования полноценного представления о смарт-контрактах необходимо также рассмотреть их недостатки: 1) смарт-контракты, являясь частью технологии распределённого реестра, выступают объектом атак со стороны третьих лиц, чьи намерения направлены на компрометирование участников сделки и получения чувствительной информации, которая может

быть использована против предприятий; 2) участники сделки должны обладать серьёзной защитой от событий информационной безопасности, а сами смарт-контракты должны распознавать, авторизовано ли какое-нибудь событие для своей верной работы; 3) в том случае, если в процесс программирования смарт-контракта получила доступ третья сторона, которая могла внести в программный код определённые изменения, которые направлены на нарушение условий выполнения смарт-контракта, или изменила конечного получателя денежных средств, то участники сделки получают негативные последствия после выполнения смарт-контракта; 4) присутствует значительная сложность реализации и процесса управления смарт-контракта, в значительных случаях существует вероятность того, что внести изменения или отменить их не представляется возможным; 5) до сих пор существуют определённые трудности в процессе правового регулирования смарт-контрактов; 6) несовершенство налогового и бухгалтерского учёта операций, которые совершены с использованием смарт-контрактов (данный пункт имеет тесную взаимосвязь с пунктом 5) [Малыгин, 2023].

Применение смарт-контрактов позволит достичь несколько важных задач: снижение затрат, а именно ликвидация участия юридических и финансовых организаций в процессе реализации смарт-контрактов; обеспечение необходимого уровня автоматизации разнообразных рутинных и повторяющихся бизнес-процессов [Papantoniou, 2020].

Однако в текущий период множество источников определяют, что наиболее перспективной сферой применения смарт-контрактов выступает автоматизация предоставления банковских услуг. Среди них выделяют: обеспечение выплаты денежных средств в процессе реализации цепочек поставок, ипотечного кредитования физических лиц и кредитования малого и среднего бизнеса. Смарт-контракты в данном случае обеспечивают автоматизацию платежей, а также позволяют снизить уровень неопределённости в совершении сделки и уменьшить возможные кредитные риски [Шульженко, 2020].

В сфере транспортировки грузов на любые расстояния и логистики смарт-контракты позволяют осуществлять разблокировку средств только после того, как груз прибыл в пункт назначения, указанный в теле сделки. Дополнительным критерием выполнения смарт-контракта является считывание данных с датчиков интернета вещей, которые должны показать, что контейнер цел и не был открыт, а груз транспортировался при нужной температуре и определённой влажности.

Основным недостатком традиционных систем управления базами данных (далее – СУБД) при реализации контроля цепочек поставок является их концентрация ответственности за безопасность и целостность передаваемых данных в одном или нескольких центрах обработки данных (далее – ЦОД). Отказ аппаратуры, программная ошибка или хакерская атака на ЦОД может привести к частичной или полной остановке бизнес-процессов предприятия [Ramadhan et al., 2023]. Существующие распределённые СУБД принципиально не могут достигнуть той степени децентрализации, которая есть в блокчейн.

Технология «смарт-контрактов» в контексте управления цепочками поставок представляет широкие возможности по автоматизации бизнес-процесса. В отличие от СУБД нет необходимости дополнительного контроля за надёжностью и рисками проходящих транзакций, так как штрафы и условия выполнения прописаны в программном коде и не требуют вмешательства третьих лиц. Применение смарт-контрактов может заметно сократить расходы, которые в ином случае ушли бы на контроль и сопровождение операций.

Несмотря на перечисленные выше достоинства, классические показатели эффективности работы СУБД в приложении к блокчейну выдают неутешительные результаты. Увеличение узлов приводит к уменьшению пропускной способности и увеличению задержки в сети. Современные распределённые СУБД на несколько порядков превосходят данные показатели [Kalajdjieski et al., 2023].

Системы, сочетающие в себе преимущества обеих архитектур, уже существуют и активно развиваются [Schuhknecht et al., 2019; Peng et al., 2020; Yang et al., 2022]. Реализовать такой синтез можно добавлением слоя блокчейна в существующую СУБД, либо интеграцией

блокчейн-платформы непосредственно в архитектуру СУБД. Таким образом появляется возможность балансировать между эффективностью общепринятых СУБД и отказоустойчивостью технологии блокчейн под требования конкретного бизнес-проекта.

Мировой опыт показывает, что сфера применения смарт-контрактов не ограничивается только финансовым рынком, банкингом и страхованием. Существует значительное количество примеров, которые раскрывает применение смарт-контрактов в государственном управлении, ритейле, здравоохранении и т. д. К примеру, автоматизация платежей за оказание различных медицинских услуг благодаря смарт-контрактам позволяет снизить до минимума случаи мошенничества, выраженные в виде назначения медицинским персоналом лишних препаратов или процедур.

Музыкальный бизнес не стал исключением, и в нем также присутствуют возможности для использования смарт-контрактов. Так, представители музыкантов фиксируют данные о праве собственности на произведения в технологии распределённого реестра и программируют смарт-контракт. Это позволяет гарантировать исполнителям выплату вознаграждения в тех случаях, когда их произведения исполняются в коммерческих целях.

Технология распределённого реестра совместно со смарт-контрактами потенциально могут быть эффективными в автомобильной промышленности. Их целесообразно использовать для хранения информации об обслуживании транспортных средств, истории аварии и прежних владельцах.

В Российской Федерации технологии распределённого реестра активно развиваются в тесной кооперации между государством и бизнесом. Ассоциация ФинТех и ключевые участники финансового рынка совместно с Центральным Банком принимают самое непосредственное участие в интеграции технологии блокчейн. К примеру, при содействии Ассоциации ФинТех была разработана и сертифицирована Федеральной службой безопасности Российской Федерации цифровая платформа «Мастерчейн», использующая российские стандарты криптографии и соответствующая всем современным требованиям по информационной безопасности.

Цифровая платформа позволяет программировать сделки на «самоисполнение» при условии выполнения заложенных в программном коде критериев. То есть сводится к минимуму наличие каких-либо мошеннических действий со стороны участников сделки, а процесс их заключения становится намного проще, быстрее и безопаснее.

Цифровая платформа для покупки и продажи нефтепродуктов прежде всего ориентирована на создание удобной экосистемы цифровой экономики за счет комплексного технологического развития. Авторами в настоящей научно-исследовательской работе было отмечено, что в данный период времени осуществляется комплекс подготовительных процедур, которые направлены на изучение возможностей интеграции в цифровую платформу различных инновационных решений, таких как искусственный интеллект, технологии распределённого реестра и других. Логичным этапом эволюции процедуры покупки и продажи сырья, полученного от нефтеперерабатывающей отрасли, является появление самых разнообразных цифровых платформ, которые отличаются друг от друга ассортиментом и наличием разнообразных дополнительных функциональных возможностей. Цифровизация процедуры покупки и продажи товарно-сырьевой продукции положительным образом сказывается на снижении различных издержек [Козлова, Самойлова, 2020; Гордеев и др., 2022].

Постепенный уход от бумажного документооборота и цифровизация операционных процессов значительно повышают требования к информационной безопасности. Для этих целей целесообразно использовать инновационные решения, входящие в контур блокчейна. Производители продукции в рамках своей текущей операционной деятельности взаимодействуют со значительным количеством контрагентов. Однако данное сотрудничество не застраховано от подмены или фальсификации. Смарт-контракты и технология распределённого реестра в данном случае могут стать эффективными инструментами для обеспечения безопасности работы с контрагентами. Применение вышеуказанных технологических элементов позволяет сокра-

щать время на проведение транзакций и снижает стоимость, создает гибкий, быстрый, прозрачный и безопасный алгоритм взаимодействия и сотрудничества между участниками сделки [Дадалко и др., 2021].

Помимо того, что смарт-контракты позволяют автоматизировать процессы выставления и отслеживания оплаты счетов, они могут использоваться как инструменты взаимодействия с конкретными пользователями цифровой платформы. К примеру, индивидуальные смарт-контракты присваиваются четко определённым устройствам пользователя, что позволяет клиенту и поставщику следить за техническим состоянием устройства и вовремя организовывать техническое обслуживание, замену узлов и поставку запчастей с их последующей установкой, снижать временной промежуток в обработке запроса пользователей и стоимости на сервисное обслуживание [Дадалко и др., 2021].

В юридических документах, раскрывающих бизнес-процессы деятельности различных предприятий, технология распределённого реестра способна уменьшить, если не полностью устранить необходимость в постоянных согласованиях между участниками сделки, а также значительным образом ускорить обработку данных, которая контролируется третьими лицами. Смарт-контракты позволяют обеспечить функциональную возможность в обеспечении проведения голосования партнеров по новым проектам, выполнения биллинга совместных интересов и сообщать о доходах от совместной операционной деятельности. Таким образом, достигается необходимый уровень прозрачности сделок, что благоприятно отразится на взаимодействии с контрагентами в будущих сделках [Синицын и др., 2021].

Мультинаправленная платформа должна предоставлять пользователям различные технологические и иные возможности, с целью создания наиболее комфортных условий для пользования всеми имеющимися инструментами цифровой платформы (рис. 1).

```
{
  "date": "2022-11-24 11:02:50",
  "name": "ОРГ1111111",
  "type": "Договор",
  "warehouse": "XXXXXXXXX",
  "contractorinn": "6164001124",
  "price": 58300,
  "quantity": 24,
  "offerUuid": "b779ad72-3a59-11ed-8bbd-005056896082",
  "deliveryCost": 0,
  "shippingAddress": "644024, Омская область, Г.О. ГОРОД ОМСК, Г ОМСК, XXXXX ",
  "planshippingDate": "2022-11-26 00:00:00",
  "shipmentDeadline": "2022-11-29",
  "basisOfDeliveryDesc": "Самовывоз",
  "deliveryIncludedInPrice": false
}
```

Рис. 1. Пример данных из цепочки блокчейн
 Fig. 1. Example of blockchain data

Комплексное технологическое развитие Мультинаправленной платформы направлено прежде всего на то, чтобы создать наиболее удобную, эффективную и безопасную экосистему среди имеющихся аналогов на отечественном рынке. Анализ возможности внедрения в деятельность цифровой платформы смарт-контрактов показал перспективность данного решения, которое позволит благоприятным образом отразиться на процедуре покупки и продажи сырья и нефтепродуктов. Результаты проведённой исследовательской работы, основанные на обзоре существующих решений применения смарт-контрактов в различных сферах народного хозяйства, а также на опыте «Газпромнефть-Аэро», позволяет судить о востребованности вышеуказанного решения на рынке [Козлова, Самойлова, 2020].

Автоматизация и диджитализация процедуры покупки и продажи сырья и нефтепродуктов является не только потребностью, но и необходимостью. Это наиболее актуально в современный период экономического развития, характеризуемого активным этапом восстановления различных сфер народного хозяйства. Уход от бумажного документооборота, постоянных коммуникаций с контрагентами – все это позволит компании, использующей в своей деятельности Мультинаправленную платформу, значительно повысить эффективность и результативность своей деятельности.

Реализация данного этапа комплексного технологического развития Мультинаправленной платформы возможна в том случае, если будут заинтересованность от ВИНК или каких-либо логистических компаний, которые будут заинтересованы в сотрудничестве и дальнейшей интеграции с цифровой платформой. Необходимо отметить тот факт, что бурное развитие науки и технологий открывает всё более новые возможности для различных сфер народного хозяйства. Если раньше сложно было представить повсеместную цифровизацию, то сейчас это является одной из главных задач государства. Соответственно организации, которые стремятся находиться в тренде развития государства, должны также активно включаться в процесс диджитализации своих операционных процессов.

По итогам проведенного исследования можно со значительной уверенностью заявить, что смарт-контракты являются наиболее перспективным направлением развития технологии распределённого реестра в цифровой платформе. Для реализации вышеуказанной инициативы у авторов имеются необходимые ресурсы и набор компетенций.

Заключение

Комплексное технологическое развитие Мультинаправленной платформы представляет из себя системную работу, основанную на научном и системном подходе. Команда разработчиков, обладая широким перечнем необходимых компетенций, осуществляет разработку цифровой платформы в соответствии с устоявшимися научно-технологическими трендами. Глубокое изучение современных достижений в таких сферах, как искусственный интеллект, Big Data, блокчейн, показывает, что существуют практически неограниченные возможности для потенциального роста и развития Мультинаправленной платформы.

Современные рыночные реалии побуждают компании вкладывать значительные ресурсы в разработку цифровых платформ, которые могут быть полезными в самых различных сферах народного хозяйства. Развитие информационных технологий с каждым годом открывает всё новые возможности перед организациями, а платформенный бизнес уже можно считать одним из ключевых элементов товарно-сырьевых рынков. Всё это позволило компаниям понять, что назрело время перемен, которые рано или поздно должны были случиться. Вышеуказанные моменты послужили лишь своеобразным катализатором этих событий, и значительно ускорили развитие самых различных цифровых платформ, которые функционируют в разнообразных сферах экономической деятельности.

В рамках настоящего исследования стояла цель оценить перспективы комплексного технологического развития Мультинаправленной платформы с использованием технологии блокчейн. По итогам проведенного исследования можно сообщить следующее:

Развитие и увеличение сфер экономической деятельности, где используется или планируется использование технологии распределённого реестра, с каждым годом только увеличивается. Технология блокчейн, создаваясь под конкретные задачи – снижения издержек при проведении финансовых транзакций, нашла свое применение в самых разнообразных задачах, таких как покупка и продажа различного сырья и продукции нефтеперерабатывающей отрасли Российской Федерации. Современные достижения науки и технологии предлагают пользователям самые разнообразные решения, основанные на технологии распределённого реестра, готовые к интеграции в деятельность цифровой платформы, с целью повышения эффективности и безопасности процесса реализации сделок. Основываясь на полученных результатах, авторами было определено, что смарт-контракты выступают наиболее подходящим решением, основанным на технологии

распределённого реестра, которое можно рассматривать для интеграции в цифровую платформу для покупки и продажи нефтепродуктов. Это в конечном итоге позволит решить проблему с обеспечением должного уровня прозрачности и безопасности сделок.

Список литературы

- Босенко Т.М. 2019. Развитие области применения систем блокчейн в современной экономике, Экономика: вчера, сегодня и завтра, Т. 9. № 3А: 264–269.
- Волос Е.П. 2020. Вопросы применения смарт-контрактов в B2B-сделках, Российская юстиция, 6: 18–20.
- Гордеев В.В., Громов О.В., Громов В.К., Литинский Г.И., Самойленко В.М. 2022. Технология блокчейн в смарт-контрактах на заправку воздушных судов гражданской авиации, Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации, 24 (5): 21–31.
- Дадалко В.А., Николаевский В.В., Некрасов А.Д., Шерестнева Д.С. 2021. Смарт-контракт: понятие, финансовая сущность, мировой опыт и возможности практического использования, Финансы и кредит, 27, 8(912): 1871–1893.
- Загеева Л.А., Иванова С.М. 2017. Криптовалюты и технология блокчейн в условиях цифровизации экономики, Инновационная экономика и право, 4 (9): 16–20.
- Козлова О.Е., Самойлова А.В. 2020. Особенности смарт-контрактов в РФ (на основе примера контракта, заключенного между S7 Airlines и «Газпромнефть-АЭРО»), Актуальные научные исследования в современном мире, 7-6 (63): 66–71.
- Малыгин О.Д. 2023. Преимущества и недостатки смарт-контрактов, Тенденции развития науки и образования, 93-5: 45–49.
- Пилькевич С.В., Ковальчук В.С. 2022. К вопросу о безопасности технологии «Смарт-контракт», Методы и технические средства обеспечения безопасности информации, 31: 128–130.
- Симатова Е.Л. 2022. Перспективы развития правового регулирования смарт-контрактов, Российской правосудие, S1: 139–146.
- Синицын С.А., Дьяконов М.О., Чурсина Т.И. 2021. Смарт-контракты в цифровой экономике: договорное регулирование и разрешение споров, Цифровое право. 2 (4): 40–50.
- Терешкин С.И., Нефёдов А.Ю., Бабкин В.А. 2021. Использование технологии блокчейн в цифровой платформе для нефтяного рынка, Вестник Самарского государственного экономического университета, 11 (205): 51–59.
- Шульженко Т.Г. 2020. Методологический подход к реинжинирингу логистических бизнес-процессов в транспортных цепях при внедрении технологии смарт-контрактов, Управленческие науки, 10 (2): 53–73.
- Kalajdjieski J., Raikwar M., Arsov N., Velinov G., Gligoroski D. 2023. Databases fir for blockchain technology: a complete overview, 4 (1): 100–116.
- Papantoniou A.A. 2020. Smart contracts in the new era of contact law, Digital law journal, 1 (4): 8–24.
- Peng Y., Du M., Li F., Cheng R., Song D. 2020. FalconDB: blockchain-based collaborative database, in: Proceedings of the 2020 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, 637–652, <https://doi.org/10.1145/3318464.3380594>.
- Ramadhan A.N., Pane K.N., Wardhana K.R., Suharjito. 2023. Blockchain and API Development to improve relational database integrity and system interoperability. Procedia computer science, 216: 151–160.
- Schuhknecht F.M., Sharma A., Dittrich J., Agrawal D. 2019 ChainifyDB: How to Blockchainify Any Data Management System, arXiv:1912.04820.
- Sokolov B., Kolosov A. 2021. Blockchain technology as a platform for integrating corporate systems, Automatic control and computer sciences, 55: 234–242.
- Tezel A., Papadonikolaki E., Yitmen I. 2020. Preparing construction supply chains for blockchain technology: An investigation of its potential and future directions, Front. Eng. Manag, 7: 547–563.
- Yang X., Zhang Y., Wang S., Yu B., Li F., Li Y., Yan W. 2022. Ledger DB: a centralized ledger database for universal audit and verification, Proceedings of the VLDB Endowment, 13 (12): 3138–3151, <https://doi.org/10.14778/3415478.3415540>.

References

- Bosenko T.M. 2019. Razvitie oblasti primeneniya sistem blokchejn v sovremennoj ekonomike [Development of the Blockchain System in Modern Economy], *Ekonomika: vchera, segodnya i zavtra*, T. 9. № 3A: 264–269.
- Volos E.P. 2020. Voprosy primeneniya smart-kontraktov v V2V-sdelkah [Issues of Applying Smart Contracts in B2b Transactions], *Rossiyskaya yusticiya*, 6: 18–20.
- Gordeev V.V., Gromov O.V., Gromov V.K., Litinskij G.I., Samojlenko V.M. 2022. Tekhnologiya blokchejn v smart-kontraktah na zapravku vozdukhnykh sudov grazhdanskoj aviacii [Blockchain Technology in Smart Contracts for Refueling Civil Aviation Aircraft], *Nauchnyj vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoj aviacii*, 24 (5): 21–31.
- Dadalko V.A., Nikolaevskij V.V., Nekrasov A.D., Sherestneva D.S. 2021. Smart-kontrakt: ponyatie, finansovaya sushchnost', mirovoj opyt i vozmozhnosti prakticheskogo ispol'zovaniya [Smart Contract: Concept, Financial Essence, World Experience and Opportunities of Practical Use], *Finansy i kredit*, 27, 8(912): 1871–1893.
- Zageeva L.A., Ivanova S.M. 2017. Kriptovalyuty i tekhnologiya blokchejn v usloviyah cifrovizacii ekonomiki [Cryptocurrencies and Blockchain Technology in the Context of Digitalization of the Economy], *Innovacionnaya ekonomika i pravo*, 4 (9): 16–20.
- Kozlova O.E., Samojlova A.V. 2020. Osobennosti smart-kontraktov v RF (na osnove primera kontrakta, zaklyuchennogo mezhdru S7 Airlines i «Gazpromneft'-AERO») [Features of Smart Contracts in the Russian Federation (On the Example of a Contract Concluded Between S7 Airlines and Gazpromneft-Aero)], *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*, 7-6 (63): 66–71.
- Malygin O.D. 2023. Preimushchestva i nedostatki smart-kontraktov [Advantages and Disadvantages of Smart Contracts], *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*, 93-5: 45–49.
- Pil'kevich S.V., Koval'chuk V.S. 2022. K voprosu o bezopasnosti tekhnologii «Smart-kontrakt» [On the Question of the Security of Smart Contract Technology], *Metody i tekhnicheskie sredstva obespecheniya bezopasnosti informacii*, 31: 128–130.
- Simatova E.L. 2022. Perspektivy razvitiya pravogo regulirovaniya smart-kontraktov [Prospects for the Development of Law Regulation of Smart Contracts], *Rossiyskoj pravosudie*, S1: 139–146.
- Sinicyn S.A., D'yakonov M.O., Chursina T.I. 2021. Smart-kontrakty v cifrovoj ekonomike: dogovornoe regulirovaniya i razreshenie sporov [Smart-Contracts in the Digital Economy: Contractual Regulation and Dispute Resolution], *Cifrovoe pravo*. 2 (4): 40–50.
- Tereshkin S.I., Nefyodov A.Yu., Babkin V.A. 2021. Ispol'zovanie tekhnologii blokchejn v cifrovoj platforme dlya neftyanogo rynka [Using blockchain-based online digital platform for the oil market], *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, 11 (205): 51–59.
- Shul'zhenko T.G. 2020. Metodologicheskij podhod k reinzhiniringu logisticheskikh biznes-processov v transportnykh cepyah pri vnedrenii tekhnologii smart-kontraktov [Methodological Approach to the Reengineering of Logistics Business Processes in the Transport Chains with the Implementation of Smart Contracts], *Upravlencheskie nauki*, 10 (2): 53–73.
- Kalajdjieski J., Raikwar M., Arsov N., Velinov G., Gligoroski D. 2023. Databases fir for blockchain technology: a complete overview, 4 (1): 100–116.
- Papantoniou A.A. 2020. Smart contracts in the new era of contact law, *Digital law journal*, 1 (4): 8–24.
- Peng Y., Du M., Li F., Cheng R., Song D. 2020. FalconDB: blockchain-based collaborative database, in: *Proceedings of the 2020 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, 637–652, <https://doi.org/10.1145/3318464.3380594>.
- Ramadhan A.N., Pane K.N., Wardhana K.R., Suhajito. 2023. Blockchain and API Development to improve relational database integrity and system interoperability. *Procedia computer science*, 216: 151–160.
- Schuhknecht F.M., Sharma A., Dittrich J., Agrawal D. 2019 ChainifyDB: How to Blockchainify Any Data Management System, *arXiv:1912.04820*.
- Sokolov B., Kolosov A. 2021. Blockchain technology as a platform for integrating corporate systems, *Automatic control and computer sciences*, 55: 234–242.
- Tezel A., Papadonikolaki E., Yitmen I. 2020. Preparing construction supply chains for blockchain technology: An investigation of its potential and future directions, *Front. Eng. Manag*, 7: 547–563.
- Yang X., Zhang Y., Wang S., Yu B., Li F., Li Y., Yan W. 2022. Ledger DB: a centralized ledger database for universal audit and verification, *Proceedings of the VLDB Endowment*, 13 (12): 3138–3151, <https://doi.org/10.14778/3415478.3415540>.



Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 01.12.2023

Поступила после рецензирования 01.03.2024

Принята к публикации 04.03.2024

Received December 01, 2023

Revised March 01, 2024

Accepted March 04, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Терешкин Сергей Иванович, генеральный директор АО «ОПЕН ОЙЛ МАРКЕТ», г. Москва, Россия

Малышевский Павел Васильевич, директор по информационным технологиям АО «ОПЕН ОЙЛ МАРКЕТ», г. Москва, Россия

Белова Ирина Владимировна, руководитель проекта АО «ОПЕН ОЙЛ МАРКЕТ», г. Москва, Россия

Бабкин Владимир Андреевич, кандидат экономических наук, специалист по проведению НИР/НИОКР, АО «ОПЕН ОЙЛ МАРКЕТ», г. Москва, Россия

Бабкин Илья Андреевич, магистрант факультета информационных технологий и анализа больших данных ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sergey I. Tereshkin, General Director of JSC «OPEN OIL MARKET», Moscow, Russia

Pavel V. Malyshevsky, Director of Information Technology, JSC «OPEN OIL MARKET», Moscow, Russia

Irina V. Belova, Project Manager at JSC «OPEN OIL MARKET», Moscow, Russia

Vladimir A. Babkin, Candidate of Economic Sciences, R&D specialist, JSC «OPEN OIL MARKET», Moscow, Russia

Ilya A. Babkin, master's student at the Faculty of Information Technologies and Big Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

УДК 621.391

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-221-231

Управление передачей видеопотоков в летающей беспроводной самоорганизующейся сети

Лихошерстов Р.В., Польшиков К.А., Лазарев С.А.

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

E-mail: oaqwater@yandex.ru, polshchikov@bsu.edu.ru, lazarev_s@bsu.edu.ru

Аннотация. Статья посвящена совершенствованию видеомониторинга территорий, осуществляемого на основе применения летающей беспроводной самоорганизующейся сети (Flying Ad hoc NETwork, FANET). Видеомониторинг проводится в поисково-спасательных целях. Для обеспечения высокого качества FANET-видеотрансляции предложен алгоритм поддержки принятия решений по управлению передачей видеопотоков. Алгоритм предусматривает оценивание вероятности обеспечения высокого качества видеотрансляции. В зависимости от значений этой вероятности рекомендуется одно из следующих решений: передавать новый видеопоток, сократить среднюю длину беспроводных каналов или отключить передачу малоинформативного видеопотока. В статье предложено считать, что принято правильное решение по управлению характеристиками передачи видеопотоков, если в результате его принятия обеспечено высокое качество видеотрансляции. Результаты вычислительных экспериментов показали, что применение представленного алгоритма позволяет существенно повысить вероятность принятия правильного решения по управлению передачей видеопотоков в FANET.

Ключевые слова: летающая беспроводная самоорганизующаяся сеть, FANET, поддержка принятия решений, видеотрансляция, видеопоток, видеомониторинг территорий

Для цитирования: Лихошерстов Р.В., Польшиков К.А., Лазарев С.А. 2024. Управление передачей видеопотоков в летающей беспроводной самоорганизующейся сети. Экономика. Информатика, 51(1): 221–231. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-221-231

Control of Video Stream Transmission in a Flying Ad Hoc Network

Rodion V. Likhosherstov, Konstantin A. Polshchykov, Sergey A. Lazarev

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

E-mail: oaqwater@yandex.ru, polshchikov@bsu.edu.ru, lazarev_s@bsu.edu.ru

Abstract. The article is devoted to improving video monitoring of territories, carried out through the use of a flying wireless self-organizing network (Flying Ad hoc NETwork, FANET). Video monitoring is carried out for search and rescue purposes. In order to promptly detect victims and people in need of help, it is necessary to organize in real time high-quality transmission of video streams recorded by cameras of flying aircraft to the monitors of the control center of the rescue unit. To ensure high quality FANET video broadcasting, a decision support algorithm for controlling the transmission of video streams is proposed. The algorithm involves assessing the probability of ensuring high quality video broadcasting. Depending on the values of this probability, one of the following solutions is recommended: to transmit a new video stream, to reduce the average length of wireless channels, or to disable the transmission of a low-informative video stream. The article suggests that the correct decision has been made to manage the characteristics of video stream transmission if, as a result of its adoption, high quality video broadcasting is ensured. The results of computational experiments showed that the use of the presented algorithm can significantly increase the probability of making the right decision on controlling the transmission of video streams in FANET.

Keywords: flying ad hoc network, FANET, decision support, video broadcast, video stream, video monitoring of territories

For citation: Likhosherstov R.V., Polshchikov K.A., Lazarev S.A. 2024. Control of Video Stream Transmission in a Flying Ad Hoc Network. Economics. Information technologies, 51(1): 221–231. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-221-231

Введение

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно используются в различных прикладных областях [Cruz, 2018; Khan, Hassan, Alshehri, 2021; Mahdi et al., 2021; Polshchikov et al., 2021; Agrawal, Tomar, Kapoor, 2022]. БПЛА могут успешно применяться в поисково-спасательных операциях для решения задач мониторинга территорий, подвергшихся деструктивным воздействиям. В целях оперативного обнаружения пострадавших и нуждающихся в помощи людей необходимо организовать в реальном времени трансляцию видеопотоков, снимаемых камерами летающих средств, на мониторы диспетчерского центра спасательного подразделения. В условиях отсутствия или поражения телекоммуникационной инфраструктуры для передачи видеоинформации на значительные расстояния хорошими возможностями обладает технология летающей беспроводной самоорганизующейся сети (Flying Ad hoc NETwork, FANET) [Dinh et al., 2019; Srivastava, Prakash, 2021; Wheeb, 2022]. Узлы такой сети размещаются на БПЛА и способны выполнять функции ретрансляции и маршрутизации передаваемых пакетов данных. Такая децентрализованная сеть позволяет передавать потоки видеоинформации в условиях случайной топологии, быстро изменяющейся в трехмерном пространстве.

В процессе выполнения поисково-спасательных операций и своевременного обнаружения пострадавших необходимо обеспечить высокое качество FANET-видеотрансляции. Проблеме повышения качества связи в беспроводных самоорганизующихся сетях посвящены публикации многих исследователей [Konstantinov et al., 2017a; Noor, Al-Zahrani, Khan, 2020; Lee, Hosseinzadeh, Ali, 2021; Polshchikov, Shabeeb, Lazarev, 2020; Abdulhae, Mandeep, Islam, 2022]. Однако вопросам обеспечения качественной трансляции видеопотоков в FANET уделено недостаточное внимание.

К основным особенностям передачи видеопотоков в летающей беспроводной самоорганизующейся сети следует отнести повышенную динамичность сетевой топологии, частые изменения расстояний между движущимися узлами, которые могут достигать недопустимо больших значений. Эти особенности в условиях ограниченной производительности сетевых каналов приводят к отказам в передаче видеопотоков [Konstantinov et al., 2017b; Polshchikov, Lazarev, Zdorovtsov, 2017; Pandey, Shukla, Agrawal, 2020; Souza, Jailton, Carvalho, 2020], а также к потерям пакетов, вызванных битовыми искажениями вследствие возникающего время от времени снижения уровня мощности принимаемых сигналов [Konstantinov et al., 2016; Kim, Lee, 2018; Bharany, Sharma, Badotra, 2021; Rezwan, Choi, 2021]. Указанные факторы существенно ухудшают качество видеотрансляции в FANET. Если предположить, что выходная мощность узлов, передающих видеопотоки, установлена на максимально допустимом уровне, то добиться высокого качества видеотрансляции можно, управляя значениями ряда других параметров. К этим параметрам относятся интенсивность поступления запросов на передачу видеопотоков, средняя длительность передачи видеопотока, а также средняя длина беспроводных каналов.

Управление значениями параметров, влияющих на качество видеотрансляции, осуществляется на основе принятия решений о передаче (или отказе в передаче) новых видеопотоков, отключении (или неотключении) передаваемых видеопотоков, изменении расстояния между узлами сети. Очевидно, лицам, осуществляющим видеомониторинг, для принятия правильных решений требуются средства, выдающие обоснованные рекомендации о том, какие действия нужно выполнять для обеспечения высокого качества видеотрансляции. В связи с этим исследования, посвященные разработке алгоритма поддержки принятия решений в процессе видеомониторинга на основе применения FANET, представляются актуальными.

Обоснование решений по управлению передачей видеопотоков

Допустим, в процессе поисково-спасательной операции выполняется видеомониторинг территорий с использованием FANET. Для обнаружения пострадавших на мониторы диспетчерского центра спасательного подразделения передаются определенные видеопотоки, которые снимаются камерами, размещенными на БПЛА. При этом время от времени в силу различных причин возможно прекращение трансляции каких-то передаваемых видеопотоков, а также возникновение необходимости в передаче новых видеопотоков. Чтобы наблюдатели диспетчерского центра могли эффективно выполнять обнаружение людей, требующих спасения, необходимо обеспечить высокое качество FANET-видеотрансляции на используемые мониторы.

Производительность сети FANET ограничена и случайна. В этих условиях, чтобы передача новых видеопотоков не привела к снижению качества видеотрансляции до недопустимого уровня, предлагается набор рекомендуемых решений, представленный в таблице 1. В процессе принятия решений учитывается прежде всего, какое значение будет принимать величина Hq (вероятность обеспечения высокого качества видеотрансляции) в случае передачи нового видеопотока. Если оцениваемое значение этой величины составляет не менее 0,95, то передача нового видеопотока разрешается. В противном случае учитывается дополнительный признак: имеется ли в числе передаваемых в текущий момент видеопотоков так называемый малоинформативный видеопоток, передачу которого можно отключить. Если в текущий момент такой видеопоток передается, то его рекомендуется отключить. Если же не имеется малоинформативных видеопотоков, то предписывается сократить среднюю длину беспроводного канала до рекомендуемого значения rd .

Таблица 1
Table 1

Рекомендуемые решения Recommended solutions

Учитываемые признаки		Рекомендуемые решения
Значение Hq	Передается / не передается малоинформативный видеопоток	
$\geq 0,95$	Не имеет значения	Передавать новый видеопоток
$< 0,95$	Не передается	Сократить среднюю длину канала до rd метров
$< 0,95$	Передается	Отключить передачу малоинформативного видеопотока

При оценивании вероятности обеспечения высокого качества видеотрансляции по сети следует принимать во внимание, что в самом нежелательном случае все видеопотоки проходят по одному и тому же наиболее загруженному каналу. Тогда величина Hq равна вероятности трансляции видеопотоков с высоким качеством по этому каналу и может быть вычислена по формуле [Jameel et al., 2022]:

$$Hq = \sum_{x=0}^b \frac{a!}{x!(a-x)!} [1-(p+g)]^{a-x} (p+g)^x, \quad (1)$$

где a – число поступивших запросов на передачу видеопотоков; b – величина, которую не должна превышать сумма числа отказов в передаче видеопотоков и числа видеопотоков, переданных с недопустимым уровнем потерь пакетов, причем $b \leq 0,5a$; p – вероятность отказа в передаче видеопотока; g – вероятность передачи видеопотока с недопустимым уровнем потерь пакетов.

Величину p можно вычислить как вероятность отказа в обслуживании запроса в многоканальной системе с ограниченной длиной очереди:

$$p = \frac{\frac{(\lambda\tau)^{(R/r)}}{(R/r)!} \left(\frac{\lambda\tau r}{R}\right)^m}{\frac{(\lambda\tau)^{(R/r)}}{(R/r)!} \sum_{u=1}^m \left(\frac{\lambda\tau r}{R}\right)^u + \sum_{x=0}^{(R/r)} \frac{(\lambda\tau)^x}{x!}}, \quad (2)$$

где λ – интенсивность поступления запросов на передачу видеопотоков; τ – средняя длительность передачи видеопотока; m – объем буфера для очереди запросов на передачу видеопотоков; R – битовая скорость передачи данных по каналу; r – производительность канала, необходимая для передачи одного видеопотока с допустимым уровнем потерь пакетов.

Выражение (2) справедливо при выполнении условия $\frac{R}{r} > \lambda\tau$.

Для вычисления вероятности передачи по каналу видеопотока с недопустимым уровнем потерь пакетов можно использовать следующее выражение:

$$g = 1 - \left[(1-v)^w + \sum_{z=1}^{PL} y_{w,z} (1-v)^{w-z} v^z \right], \quad (3)$$

где w – число пакетов в передаваемом видеопотоке; v – вероятность потери пакета в процессе передачи по каналу; PL – допустимое число потерянных пакетов при передаче видеопотока.

Величину PL можно вычислить по формуле:

$$PL = \left\lceil \frac{w - 2 \cdot CP}{CP + 1} \right\rceil, \quad (4)$$

где CP – число пакетов, которые нужно получить подряд до и после утраченного пакета, чтобы компенсировать его потерю.

Коэффициенты $y_{w,z}$ могут быть вычислены при $w > 2CP$ по формуле:

$$y_{w,z} = \begin{cases} w - 2CP, & z = 1; \\ 0, & z > 1, w \leq 3CP + 1; \\ \sum_{i=2CP+1}^{w-z-1} y_{i,z-1}, & z > 1, w > 3CP + 1. \end{cases} \quad (5)$$

Выражения (3)–(5) учитывают возможность восстановления потерянных пакетов на приемном узле с помощью выполнения процедур аппроксимации. При этом, чтобы на приемном узле восстановить потерю пакета, нужно получить подряд не менее CP предыдущих и не менее CP последующих пакетов. Вероятность потери пакета в процессе передачи по каналу можно вычислить с помощью выражения:

$$v = 1 - \left[1 - Q \left(\frac{2 \left(P_T + 10 \lg \frac{(c/f)^2}{(4\pi d)^2 L_s} \right)}{R \cdot k \cdot T_R \cdot N_F} \right) \right]^S, \quad (6)$$

где P_T – мощность передачи сигнала; c – скорость распространения сигнала; f – частота сигнала; d – среднее расстояние между передающими и приемными узлами; L_S – системные потери; k – постоянная Больцмана; T_R – температура; N_F – коэффициент шума; S – битовая длина пакета.

Для поддержки принятия решений в процессе проведения FANET-видеомониторинга предлагается реализация представленного ниже алгоритма.

Предлагаемый алгоритм

Блок-схема алгоритма поддержки принятия решений по управлению передачей видеопотоков в летающей беспроводной самоорганизующейся сети показана на рисунке 1.

Алгоритм предполагает выполнение следующих шагов:

Шаг 1. Начало алгоритма.

Шаг 2. Вводятся исходные данные: T – суммарное число интервалов времени выполнения алгоритма; число видеопотоков $A = 1$; суммарная длительность передачи видеопотоков $ST = 0$; средняя длительность передачи видеопотока по каналу $\tau = 0$; интенсивность поступления запросов на передачу видеопотоков $\lambda = 0$.

Шаг 3. Номер интервала времени t увеличивается на 1. Если номер текущего интервала времени превышает значение, то осуществляется переход к шагу 20. В противном случае выполнение алгоритма переходит к шагу 4.

Шаг 4. Номер видеопотока i увеличивается на 1. Если номер видеопотока превышает значение A , то осуществляется переход к шагу 7. В противном случае выполнение алгоритма переходит к шагу 5.

Шаг 5. Если передача потока номер i окончена ранее текущего интервала времени, то осуществляется переход к шагу 6. В противном случае выполнение алгоритма возвращается к шагу 4.

Шаг 6. Значение суммарной длительности передачи видеопотоков ST увеличивается на единицу.

Шаг 7. Лицу, принимающему решение, предлагается ответить на вопрос 1: «Требуется ли передача нового потока?»

Шаг 8. Если требуется передача нового потока, то осуществляется переход к шагу 9. В противном случае выполнение алгоритма возвращается к шагу 3.

Шаг 9. Выполняется процедура оценивания величины pd – прогнозируемой средней длины беспроводного канала.

Шаг 10. Вычисляются значения интенсивности поступления запросов на передачу видеопотоков по каналу и средней длительности передачи видеопотока по каналу по формулам:

$$\lambda = \frac{A+1}{t}, \quad (7)$$

$$\tau = \frac{ST}{A}. \quad (8)$$

Вычисляется значение вероятности обеспечения высокого качества видеотрансляции с использованием выражений (1)–(6).

Шаг 11. Проверяется выполнение условия: $Hq \geq 0,95$. Если данное условие выполняется, то осуществляется переход к шагу 12. В противном случае выполнение алгоритма переходит к шагу 13.

Шаг 12. Лицу, принимающему решение, выдается сообщение 1: «Передача видеопотока существенно не повлияет на качество видеотрансляции. Рекомендуется принять решение 1 – передавать видеопоток». Выполнение алгоритма переходит к шагу 18.

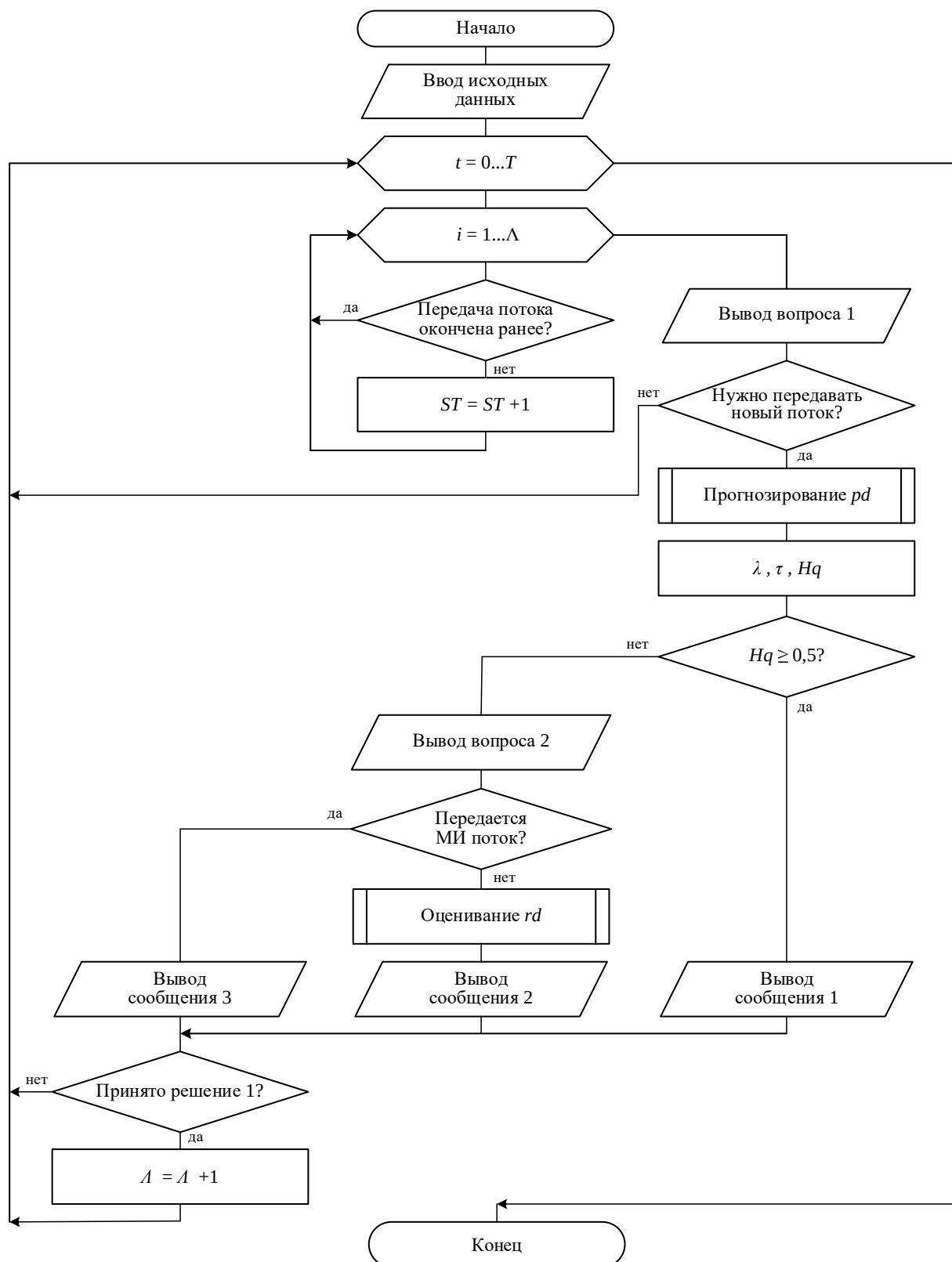


Рис. 1. Блок-схема алгоритма управления передачей видеопотоков в FANET
 Fig. 1. Block diagram of the algorithm for controlling the transmission of video streams in FANET

Шаг 13. Лицу, принимающему решение, предлагается ответить на вопрос 1: «Имеется ли малоинформативный видеопоток в числе передаваемых видеопотоков?»

Шаг 14. Если малоинформативный поток передается в текущий момент времени, то осуществляется переход к шагу 17. В противном случае выполнение алгоритма переходит к шагу 15.

Шаг 15. Выполняется процедура оценивания величины rd – рекомендуемой средней длины беспроводного канала.

Шаг 16. Лицу, принимающему решение, выдается сообщение 2: «Передача потока может ухудшить качество видеотрансляции. Рекомендуется принять решение 2 – сократить среднюю длину канала до rd метров». Выполнение алгоритма переходит к шагу 18.

Шаг 17. Лицу, принимающему решение, выдается сообщение 3: «Передача потока может ухудшить качество видеотрансляции. Рекомендуется принять решение 3 – отключить передачу малоинформативного потока».

Шаг 18. Если принято решение 1, то осуществляется переход к шагу 19. В противном случае выполнение алгоритма возвращается к шагу 3.

Шаг 19. Номер видеопотока l увеличивается на 1. Выполнение алгоритма возвращается к шагу 3.

Шаг 20. Конец алгоритма.

Предложенный алгоритм использован при проведении вычислительных экспериментов, выполненных с помощью имитационной модели процесса принятия решений по управлению передачей видеопотоков в FANET.

Вычислительные эксперименты

Будем считать, что принято правильное решение по управлению характеристиками FANET-видеомониторинга, если в результате его принятия обеспечено высокое качество видеотрансляции. Введем величину sb – сумма числа отказов в передаче видеопотоков и числа видеопотоков, переданных с недопустимым уровнем потерь пакетов. Высокое качество видеотрансляции будет обеспечено, если величина sb не будет превышать величину β , причем $\beta \leq 0,5\alpha$.

Допустим, величина sb не должна превышать B процентов от числа поступивших запросов на передачу видеопотоков. Величину β можно вычислить по формуле:

$$\beta = \left\lceil \frac{B \cdot \alpha}{100\%} \right\rceil. \quad (9)$$

В процессе вычислительных экспериментов с использованием имитационной модели для оценивания корректности принятия решений ведется подсчет величины sb . В конце каждого эксперимента эта величина сравнивается со значением β . Если $sb \leq \beta$, то считается, что в данном эксперименте было обеспечено высокое качество видеотрансляции.

Вероятность принятия правильного решения по управлению передачей видеопотоков в FANET оценивается с помощью выражения:

$$P_{corr} = \frac{E_{hq}}{E_{tot}}. \quad (10)$$

где E_{hq} – число экспериментов, в которых обеспечено высокое качество видеотрансляции; E_{tot} – суммарное число проведенных экспериментов.

В процессе исследования выполнено $E_{tot} = 520$ вычислительных экспериментов по оцениванию корректности принятия решений по управлению передачей видеопотоков в FANET с применением предложенного алгоритма. При выполнении экспериментов велись подсчеты величин α и sb , вычислялись значения β по формуле (9). В конце каждого эксперимента величина sb сравнивалась со значением β . Если $sb \leq \beta$, то в данном экспери-

менте фиксировалось обеспечение высокого качества видеотрансляции. В таблице 2 представлен фрагмент результатов, полученных в ходе вычислительных экспериментов. Заданное значение величины B составляло 10 процентов.

Таблица 2
Table 2

Результаты вычислительных экспериментов
Results of computational experiments

Номер эксперимента	α	β	sb	$sb \leq \beta$
1	52	5	4	+
2	46	5	3	+
3	48	5	7	–
...	...	...	...	...
519	56	6	5	+
520	50	5	4	+

На основе экспериментальных данных выполнено оценивание величины P_{corr} по формуле (10). В результате установлено, что с применением предложенного алгоритма вероятность принятия правильного решения по управлению передачей видеопотоков в FANET составляет 0,924. Выполнены аналогичные эксперименты по оцениванию корректности принятия решений по управлению передачей видеопотоков в FANET без применения предложенного алгоритма. В результате этих экспериментов получено значение $P_{corr} = 0,761$.

Заключение

Таким образом, разработан алгоритм поддержки принятия решений по управлению передачей видеопотоков в летающей беспроводной самоорганизующейся сети. В соответствии с этим алгоритмом оценивается вероятность обеспечения высокого качества видеотрансляции. Далее в зависимости от значений этой величины рекомендуется одно из следующих решений: передавать новый видеопоток, сократить среднюю длину беспроводных каналов или отключить передачу малоинформативного видеопотока.

Предложено считать, что принято правильное решение по управлению характеристиками передачи видеопотоков в тех случаях, если в результате его принятия обеспечено высокое качество видеотрансляции. Проведение вычислительных экспериментов показало, что применение представленного алгоритма позволяет повысить вероятность принятия правильного решения по управлению передачей видеопотоков в FANET на 16,3 %.

Дальнейшие исследования в рамках рассмотренной тематики будут посвящены созданию программного обеспечения для реализации предложенного алгоритма.

Список литературы

- Abdulhae O.T., Mandeep J. S., Islam M. 2022. Cluster-Based Routing Protocols for Flying Ad Hoc Networks (FANETs). IEEE Access, 10: 32981–33004.
- Agrawal J., Tomar R., Kapoor M. 2022. A novel unmanned aerial vehicle-sink enabled mobility model for military operations in sparse flying ad-hoc network. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 33(5): e4466.
- Bharany S., Sharma S., Badotra S. 2021. Energy-efficient clustering scheme for flying ad-hoc networks using an optimized leach protocol. Energies, 14(19): 6016.
- Cruz E. 2018. A Comprehensive Survey in Towards to Future FANETs. IEEE Latin America Transactions, 16(3): 876–884.

- Dinh T. D., Kirichek R., Le D. T., Tran T. T. T. 2019. Flying Ad-Hoc Network for Emergency Based on IEEE 802.11p Multichannel MAC Protocol. *Lecture Notes in Computer Science*, 11965: 479–494.
- Jameel J.Q., Mahdi T.N., Polshchykov K.A., Lazarev S.A., Likhoshesterov R.V., Kiselev V.E. 2022. Development of a mathematical model of video monitoring based on a self-organizing network of unmanned aerial vehicles. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 10(6): 84–95.
- Khan I. U., Hassan M. A., Alshehri M. D. 2021. Monitoring System-Based Flying IoT in Public Health and Sports Using Ant-Enabled Energy-Aware Routing. *Journal of Healthcare Engineering*, 2021: 1686946.
- Kim D. Y., Lee J. W. 2018. Integrated Topology Management in Flying Ad Hoc Networks: Topology Construction and Adjustment. *IEEE Access*, 6: 61196–61211.
- Konstantinov I., Polshchykov K., Lazarev S., Polshchykova O. 2017. Mathematical Model of Message Delivery in a Mobile Ad Hoc Network. *Proceedings of the 11th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*: 10–13.
- Konstantinov I., Polshchykov K., Lazarev S., Polshchykova O. 2017. Model of Neuro-Fuzzy Prediction of Confirmation Timeout in a Mobile Ad Hoc Network. *CEUR Workshop Proceedings. Mathematical and Information Technologies*, 1839: 174–186.
- Konstantinov I., Polshchykov K., Lazarev S., Polshchykova O. 2016. The Usage of the Mobile Ad-Hoc Networks in the Construction Industry. *Proceedings of the 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*: 455–457.
- Lee S. W., Hosseinzadeh M., Ali S. 2021. An Energy-Aware and Predictive Fuzzy Logic-Based Routing Scheme in Flying Ad Hoc Networks (FANETs). *IEEE Access*, 9: 129977–130005.
- Mahdi T.N., Jameel J.Q., Polshchykov K.A., Lazarev S.A., Polshchykov I.K., Kiselev V.E. 2021. Clusters partition algorithm for a self-organizing map for detecting resource-intensive database inquiries in a geo-ecological monitoring system. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 9(4): 1138–1145.
- Noor F., Al-Zahrani A., Khan M. A. 2020. A review on communications perspective of flying AD-HOC networks: Key enabling wireless technologies, applications, challenges and open research topics. *Drones*, 4(4): 1–14.
- Pandey A., Shukla P.K., Agrawal R. 2020. An adaptive Flying Ad-hoc Network (FANET) for disaster response operations to improve quality of service (QoS). *Modern Physics Letters*, 34(10): 2050010.
- Polshchykov K., Lazarev S., Zdorovtsov A. 2017. Multimedia Messages Transmission Modeling in a Mobile Ad Hoc Network. *Proceedings of the 11th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*: 24–27.
- Polshchykov K., Shabeeb A.H.T., Lazarev S. 2020. Algorithm for receiving the recommended bandwidth of a wireless self-organizing network channel. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 8(3): 1873–1879.
- Polshchykov K., Shabeeb A. H. T., Lazarev S., Kiselev V. 2021. Justification for the decision on loading channels of the network of geoeological monitoring of resources of the agroindustrial complex. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 9(3): 781–787.
- Rezwan S., Choi W. 2021. A survey on applications of reinforcement learning in flying Ad-hoc networks. *Electronics*, 10(4): 1–19.
- Souza J., Jailton J., Carvalho T. 2020. QoS and QoE aware routing protocol for flying ad-hoc surveillance networks using fuzzy inference systems. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 19(1): 11–25.
- Srivastava A., Prakash J. 2021. Future FANET with application and enabling techniques: Anatomization and sustainability issues. *Computer Science Review*, 39: 100359.
- Wheeb A. H. 2022. Flying Ad hoc Networks (FANET): Performance Evaluation of Topology Based Routing Protocols. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(4): 137–149.

References

- Abdulhae O.T., Mandeep J. S., Islam M. 2022. Cluster-Based Routing Protocols for Flying Ad Hoc Networks (FANETs). *IEEE Access*, 10: 32981–33004.

- Agrawal J., Tomar R., Kapoor M. 2022. A novel unmanned aerial vehicle-sink enabled mobility model for military operations in sparse flying ad-hoc network. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 33(5): e4466.
- Bharany S., Sharma S., Badotra S. 2021. Energy-efficient clustering scheme for flying ad-hoc networks using an optimized leach protocol. *Energies*, 14(19): 6016.
- Cruz E. 2018. A Comprehensive Survey in Towards to Future FANETs. *IEEE Latin America Transactions*, 16(3): 876–884.
- Dinh T. D., Kirichek R., Le D. T., Tran T. T. T. 2019. Flying Ad-Hoc Network for Emergency Based on IEEE 802.11p Multichannel MAC Protocol. *Lecture Notes in Computer Science*, 11965: 479–494.
- Jameel J.Q., Mahdi T.N., Polshchykov K.A., Lazarev S.A., Likhoshesterov R.V., Kiselev V.E. 2022. Development of a mathematical model of video monitoring based on a self-organizing network of unmanned aerial vehicles. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 10(6): 84–95.
- Khan I. U., Hassan M. A., Alshehri M. D. 2021. Monitoring System-Based Flying IoT in Public Health and Sports Using Ant-Enabled Energy-Aware Routing. *Journal of Healthcare Engineering*, 2021: 1686946.
- Kim D. Y., Lee J. W. 2018. Integrated Topology Management in Flying Ad Hoc Networks: Topology Construction and Adjustment. *IEEE Access*, 6: 61196–61211.
- Konstantinov I., Polshchykov K., Lazarev S., Polshchykova O. 2017. Mathematical Model of Message Delivery in a Mobile Ad Hoc Network. *Proceedings of the 11th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*: 10–13.
- Konstantinov I., Polshchykov K., Lazarev S., Polshchykova O. 2017. Model of Neuro-Fuzzy Prediction of Confirmation Timeout in a Mobile Ad Hoc Network. *CEUR Workshop Proceedings. Mathematical and Information Technologies*, 1839: 174–186.
- Konstantinov I., Polshchykov K., Lazarev S., Polshchykova O. 2016. The Usage of the Mobile Ad-Hoc Networks in the Construction Industry. *Proceedings of the 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*: 455–457.
- Lee S. W., Hosseinzadeh M., Ali S. 2021. An Energy-Aware and Predictive Fuzzy Logic-Based Routing Scheme in Flying Ad Hoc Networks (FANETs). *IEEE Access*, 9: 129977–130005.
- Mahdi T.N., Jameel J.Q., Polshchykov K.A., Lazarev S.A., Polshchykov I.K., Kiselev V.E. 2021. Clusters partition algorithm for a self-organizing map for detecting resource-intensive database inquiries in a geoecological monitoring system. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 9(4): 1138–1145.
- Noor F., Al-Zahrani A., Khan M. A. 2020. A review on communications perspective of flying AD-HOC networks: Key enabling wireless technologies, applications, challenges and open research topics. *Drones*, 4(4): 1–14.
- Pandey A., Shukla P.K., Agrawal R. 2020. An adaptive Flying Ad-hoc Network (FANET) for disaster response operations to improve quality of service (QoS). *Modern Physics Letters*, 34(10): 2050010.
- Polshchykov K., Lazarev S., Zdorovtsov A. 2017. Multimedia Messages Transmission Modeling in a Mobile Ad Hoc Network. *Proceedings of the 11th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*: 24–27.
- Polshchykov K., Shabeeb A.H.T., Lazarev S. 2020. Algorithm for receiving the recommended bandwidth of a wireless self-organizing network channel. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 8(3): 1873–1879.
- Polshchykov K., Shabeeb A. H. T., Lazarev S., Kiselev V. 2021. Justification for the decision on loading channels of the network of geoecological monitoring of resources of the agroindustrial complex. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 9(3): 781–787.
- Rezwan S., Choi W. 2021. A survey on applications of reinforcement learning in flying Ad-hoc networks. *Electronics*, 10(4): 1–19.
- Souza J., Jailton J., Carvalho T. 2020. QoS and QoE aware routing protocol for flying ad-hoc surveillance networks using fuzzy inference systems. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 19(1): 11–25.
- Srivastava A., Prakash J. 2021. Future FANET with application and enabling techniques: Anatomization and sustainability issues. *Computer Science Review*, 39: 100359.
- Wheeb A. H. 2022. Flying Ad hoc Networks (FANET): Performance Evaluation of Topology Based Routing Protocols. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(4): 137–149.



Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 12.02.2024

Received February 12, 2024

Поступила после рецензирования 03.03.2024

Revised March 03, 2024

Принята к публикации 04.03.2024

Accepted March 04, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Лихошерстов Родион Валерьевич, соискатель кафедры прикладной информатики и информационных технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Rodion V. Likhosherstov, degree seeking applicant of the Department of Applied Informatics and Information Technologies, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Польщиков Константин Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационных и робототехнических систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Konstantin A. Polshchykov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Information and Robotic Systems of the Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Лазарев Сергей Александрович, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры информационных и робототехнических систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Sergey A. Lazarev, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Information and Robotic Systems of the Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia



УДК 004.896

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-232-240

Локализация сенсорных узлов в беспроводных сенсорных сетях

¹ Аль-Обайди А.М.Ж., ² Заливин А.Н., ³ Бабаринов С.Л.

¹ Компания «Zuhoor Al_Ameer general contracting», Ирак, 10070, Багдад, ул. Джадрия

² Белгородский университет кооперации, экономики и права,

Россия, 308023, Белгород, ул. Садовая, 116А

³ ООО «Русагро Тех», Россия, 308002, Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 111

E-mail: alobaydi85@mail.ru, zalivin@bsu.edu.ru, babarinov@bsu.edu.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема локализации сенсорных узлов в беспроводной сенсорной сети (БСС). Сенсорные узлы играют ключевую роль в обеспечении сбора информации, связи и передачи данных в таких сетях, и их правильное размещение имеет важное значение для функционирования сети. Но в некоторых случаях расположение сенсорных узлов может носить случайный характер, например при их размещении дистанционным способом, в этом случае определение их положения представляет большой интерес для приложений БСС. Решение задачи локализации сводится к определению расстояния между сенсорными узлами и последующим вычислением относительного положения. Для определения расстояний между сенсорными узлами рассматривается два метода: на основе измерения уровня принимаемого сигнала и определения разницы во времени приема сигналов. Данные методы являются относительно простыми и не требуют значительных вычислительных ресурсов, что делает их привлекательными для использования в реальных приложениях.

Ключевые слова: сенсорные сети, самоорганизующиеся сети, развертывание, локализация, показатель уровня принимаемого сигнала

Для цитирования: Аль-Обайди А.М.Ж., Заливин А.Н., Бабаринов С.Л. 2024. Локализация сенсорных узлов в беспроводных сенсорных сетях. Экономика. Информатика. 51(1): 232–240. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-232-240

Localization of Sensor Nodes in Wireless Sensor Networks

¹ Al-obaidi M.ZH. Amir, ² Alexander N. Zalivin, ³ Sergey L. Babarinov

¹ The company "Zuhoor Al_Ameer general contracting", Jadriya str., Baghdad 10070, Iraq

² Belgorod University of Cooperation, Economics and Law,

116A Sadovaya str., Belgorod, 308023, Russia

³ Rusagro Tech LLC, B. Khmel'nitsky Avenue, 111, Belgorod, 308002, Russia

E-mail: alobaydi85@mail.ru, zalivin@bsu.edu.ru, babarinov@bsu.edu.ru

Abstract. This article delves into the issue of localizing sensor nodes within a wireless sensor network (WSN). Sensor nodes are pivotal for information gathering, communication, and data transmission in WSNs, and their strategic placement is crucial for network operation. However, in scenarios where sensor nodes are randomly positioned, such as remote locations, ascertaining their locations becomes paramount for BSS applications. The proposed solution to the localization predicament involves establishing inter-node distances and subsequently computing relative positions. Two primary methods for distance determination are examined: signal strength-based measurement and signal reception time differential analysis. These approaches are relatively straightforward and do not demand substantial computational resources, rendering them appealing for practical implementation in real-world scenarios. The conducted studies on the proposed distance estimation methods demonstrate their ability to address the localization challenges encountered in wireless sensor networks. By utilizing these approaches, not only the efficiency and accuracy of localization for sensor nodes can be improved, but it is also possible to ensure the operation of wireless sensor networks under various operating conditions.

Keywords: sensor networks, self-organizing networks, deployment; localization; indicator of the received signal level

For citation: Al-Obaidi A.M.Zh., Zalivin A.N., Babarinov S.L. 2024. Localization of Sensor Nodes in Wireless Sensor Networks. Economics. Information technologies. 51(1): 232–240. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-232-240

Введение

Беспроводная сенсорная сеть (БСС) может состоять из тысяч сенсорных узлов, которые развернуты в зоне мониторинга, обладающей возможностями обнаружения, вычислений и беспроводной связи. Узлы, положение которых известно в сети, называются опорными узлами, а узлы, положение которых неизвестно, называются целевыми узлами или неизвестными узлами. Основные цели развертывания сети сенсорных узлов это – мониторинг и передача данных. “Мониторинг” означает процесс отслеживания и анализа данных, полученных от сенсорных узлов в контролируемой области, с целью получения информации о состоянии этой области [Ефименко, Клымов, Саткенов, 2018]. Передача данных относится к топологии сети, в которой осуществляется маршрутизация информации.

Существуют сценарии, при которых сенсорные узлы невозможно разместить вручную, поэтому они могут сбрасываться воздушными судами случайным образом, следовательно, такие узлы не знают информации о своем местоположении. Поэтому требуется проводить оценку местоположения таких датчиков.

Среди подходов к локализации сенсорных узлов можно выделить методы, основанные на показателе уровня принимаемого сигнала (Received Signal Strength Indicator (RSSI)), времени прибытия (Time of Arrival (ToA)), разнице во времени прибытия (Time Difference of Arrival (TDoA)) и угле прибытия (Angle of Arrival (AoA)) [Boukerche, Oliveira, Nakamura, Loureiro, 2007; Iliev, Paprotny, 2015]. Метод на основе RSSI является наиболее предпочтительным, так как не требует больших вычислительных мощностей. К тому же в большинстве используемых в сенсорных сетях приемопередатчиков измерение уровня RSSI реализовано на аппаратном уровне. RSSI используется для оценки расстояния между опорными и целевыми узлами на основе уровня принятого сигнала. Целевой узел посылает сигнал, мощность которого ослабевает по мере прохождения определенного расстояния до опорного узла. Если расстояние между опорным и целевым узлом велико, то и уровень сигнала будет меньше из-за потерь при распространении и наоборот. Для преобразования уровня сигнала в расстояние используется модель распространения.

Постановка задачи

Для приложения беспроводных сенсорных устройств указывается рабочая область. Целевой узел попадает в зону действия сенсорного узла, только если евклидово расстояние между целевым и сенсорным узлом меньше расстояния передачи данных. Каждый узел может подключаться только к тем узлам, которые находятся поблизости или находятся в пределах его дальности связи.

В данной работе для оценки расстояния между целевым и опорным узлом рассматриваются два подхода на основе RSSI и TDoA. Поскольку сигнал распространяется на определенное расстояние, то уровень сигнала будет изменяться из-за потери при распространении. Для определения уровня сигнала предлагается использовать модель распространения [Ibrahim, Rahim, Mohamad, 2015], которая представлена в виде

$$PL(d) = PL(d_0) - 10\eta \cdot \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) - X_{\sigma}, \quad (1)$$

$PL(d)$ – мощность принимаемого сигнала на расстоянии d , где d – евклидово расстояние между

целевым и сенсорным узлом, $PL(d_0)$ обозначает мощность принимаемого сигнала на расстоянии d_0 , принятом за 1 м, η – показатель потерь на пути, X_σ – это нормальная (гауссова) случайная величина с нулевым средним значением, отражающая затухание (в децибелах), вызванное плавным замиранием. В случае отсутствия замирания эта переменная равна 0.

Показатель потерь на пути η , зависит от среды распространения. Значения показателя потерь на пути в зависимости от окружающей среды приведены в таблице 1.

Таблица 1
Table 1

Значения показателя потери на пути
Values of the attenuation index during signal propagation

Окружающая среда	Показатель потери пути η
Вакуум, свободное пространство	2
Городская застройка	2.7-3.5
Городская застройка с зонами тени	3-5
Зона прямой видимости внутри здания	1.6-1.8
Внутри здания при наличии препятствий	4-6
Внутри заводских построек	2-3

Искомое расстояние d_e может быть определено путем измерения RSSI, при известных η и X_σ [Haiqiang, Hejun, Hualiang, Xiongxiang, 2014]

$$d_e = 10^{\frac{PL(d)-PL(d_0)-X_\sigma}{10\eta}}.$$

(2)

Расстояние d_e оценивается от целевого и до каждого опорного узла. Если оцененное расстояние меньше дальности связи целевого узла, то сигнал принимается целевым узлом, как показано на рис.1, это означает, что целевой узел находится ближе к тем опорным узлам, которые попадают в зону его действия, а если оцененное расстояние больше дальности связи, то сигнал не принимается целевым узлом, как показано на рис. 2.

В TDoA узел i передает два разных сигнала одновременно узлу j , как показано на рис.3. При этом сигналы должны иметь разную скорость распространения, что можно реализовать путем одновременной передачи радиочастотного и ультразвукового сигнала [Luo, Li, Lin, 2012].

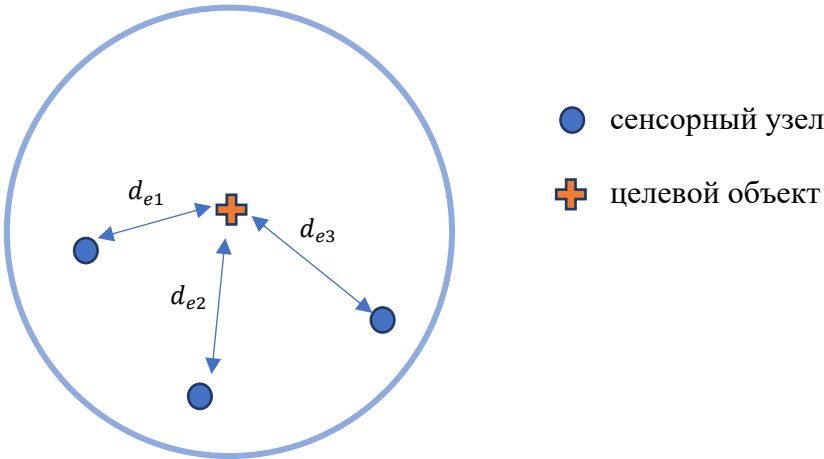


Рис. 1. Опорные узлы расположены в зоне действия целевого узла
Fig. 1. The support nodes are located in the area of operation of the target node

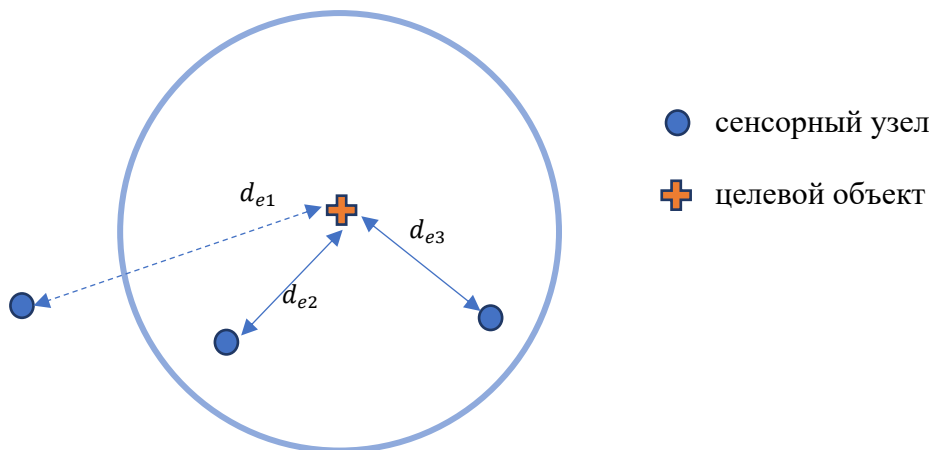


Рис. 2. Один из опорных узлов находится вне зоны действия связи целевого узла
Fig. 2. One of the reference nodes is located outside the communication area of the target node

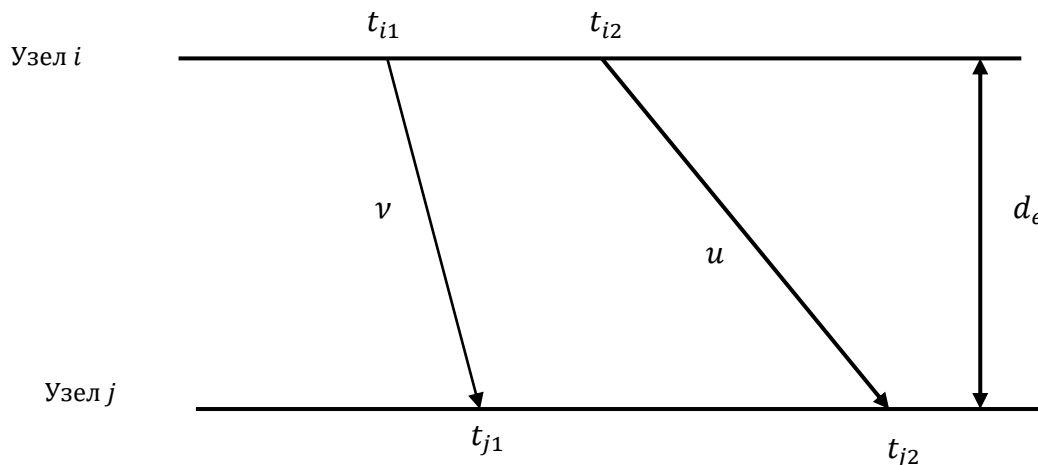


Рис. 3. Время распространения сигнала при использовании метода оценки расстояния на основе TDoA
Fig. 3. Signal propagation time when using the TDoA-based distance estimation method

Время, при котором узел *i* отправляет радиочастотный сигнал, равно t_{i1} , а время отправки ультразвукового сигнала, равно t_{i2} . Скорость распространения ультразвукового сигнала во много раз меньше по сравнению с радиочастотным сигналом. Радиочастотный сигнал достигает узла *j* быстрее, чем ультразвуковой сигнал в момент времени t_{j1} , и ультразвуковой сигнал принимается узлом *j* в момент времени t_{j2} . Расстояние между узлами можно оценить, используя время приема сигналов. Если скорость распространения радиочастотного сигнала равна v , а скорость распространения ультразвукового сигнала равна u , то расстояние между узлом *i* и узлом *j* определяется как [Priyantha, Chakraborty, Balakrishnan H, 2000].

$$d_e = (t_{j2} - t_{j1})(v - u) \quad (3)$$

Локализация на основе вычисления взаимных расстояний

Решение задачи локализации сводится к оценке положения целевого узла. Для нахождения оптимального положения целевого узла можно воспользоваться методом роя частиц (МРЧ) [Kulkarni, Kumar, 2011]. Для этого делается путем инициализации области поиска. Пусть N – размерность, а P – количество частиц в совокупности. Случайная инициализация частиц совокупности как $x_{ik} = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iN}]$, где

$i=1,2,\dots,P$, $k=1,2,\dots,N$. На каждой итерации каждая частица обновляет два наилучших значения: личное наилучшее (pb) – наилучшее положение, достигнутое частицей на данный момент, и глобальное наилучшее (gb) – наилучшее значение, отслеживаемое всей совокупностью частиц на данный момент. После нахождения двух наилучших значений частица обновляет свою скорость и положение [Kulkarni, Kumar, 2011] следующим образом

$$v_{ik} = w \times v_{ik} + c_1 \times r_1(pb_{ik} - x_{ik}) + c_2 \times r_2(gb_k - x_{ik}) \quad (4)$$

$$x_{it} = x_{ik} + v_{ik} \quad (5)$$

где $t=1,2,\dots,N$, w – масса инерции, c_1 и c_2 – коэффициент ускорения, r_1 и r_2 – однородное случайное число.

Пусть имеется n опорных узлов и m целевых узлов. Необходимо оценить положение целевых узлов. Для предлагаемой реализации необходимо найти d_i – евклидово расстояние от каждого опорного узла до целевого узла в виде

$$d_i = \sqrt{(x + x_i)^2 + (y + y_i)^2}, \quad (6)$$

где (x_i, y_i) – координаты опорного узла, а (x, y) – координаты целевого узла. Значение расчетного расстояния d_e определяется из (2) и (3) для RSSI и TDoA соответственно. Целевая функция для задачи локализации задана в виде,

$$f(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\sqrt{(x + x_i)^2 + (y + y_i)^2} - d_e)^2 \quad (7)$$

где $n > 3$ – количество опорных узлов в пределах диапазона целевого узла. Решение задачи заключается в минимизации целевой функции и оценки местоположения целевого узла с использованием метода роя частиц. Для этого первоначально производится инициализация параметров МРЧ w , c_1 и c_2 . Набор частиц распределяется случайным образом в области поиска. Вычисляется целевая функция для каждой частицы, значение pb обновляется с учетом начального положения частицы, а значение gb обновляется с учетом положения, в котором значение целевой функции является минимальным среди всех частиц. После этого скорость и положение частицы обновляются в соответствии с (4)–(5) для каждой частицы. Этот процесс повторяется для оценки целевой функции с обновленными значениями. Данный процесс продолжается, пока он не достигнет максимальной итерации. Конечным значением gb в конце максимальной итерации является вычисленное положение целевого узла.

Результаты моделирования

Моделирование выполнено с использованием программного пакета MATLAB. Решение задачи локализации выполнялось для двумерного вида, при размерности $N=2$. Для моделирования на основе RSSI задавалось 15 фиксированных опорных узлов, расположены в области размером 10 м x 10 м, и целевых узлов $n=50$, случайным образом распределённых в зоне мониторинга с дальностью связи 5 м, как показано на рис. 4. Для следующего эксперимента увеличили количество целевых узлов n до 200. Результат представлен рис. 5.

Для моделирования на основе TDoA использовалось 15 фиксированных опорных узлов, размещенных в области размером 10 м x 10 м, и 50 целевых узлов, случайным образом распределенных в зоне мониторинга с дальностью связи 5 м, показанной на рис. 6. В следующем эксперименте количество целевых узлов увеличили до 200, как показано на рис. 7.

При моделировании для всех экспериментов были использованы следующие параметры МРЧ: $P=20$, $w=0,7$, $c_1=c_2=1,4$ и максимальное число итераций=100. Также была вычислена среднеквадратичная ошибка, значения которой приведены в таблице 2. Как показано в таблице 2, среднеквадратичная ошибка увеличивается при увеличении количества целевых узлов. При этом ошибка определения положения имеет большие значения для узлов, расположенных ближе к границам зоны мониторинга.

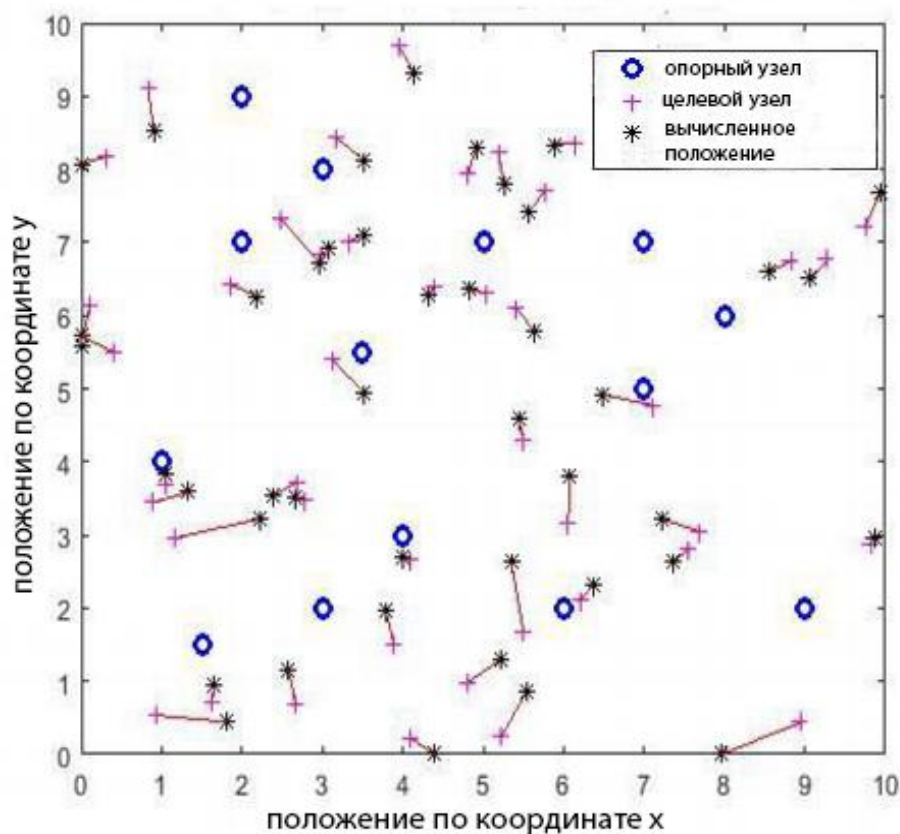


Рис. 4. Локализация с использованием RSSI, при $n=50$
Fig. 4. Localization using RSSI, at $n=50$

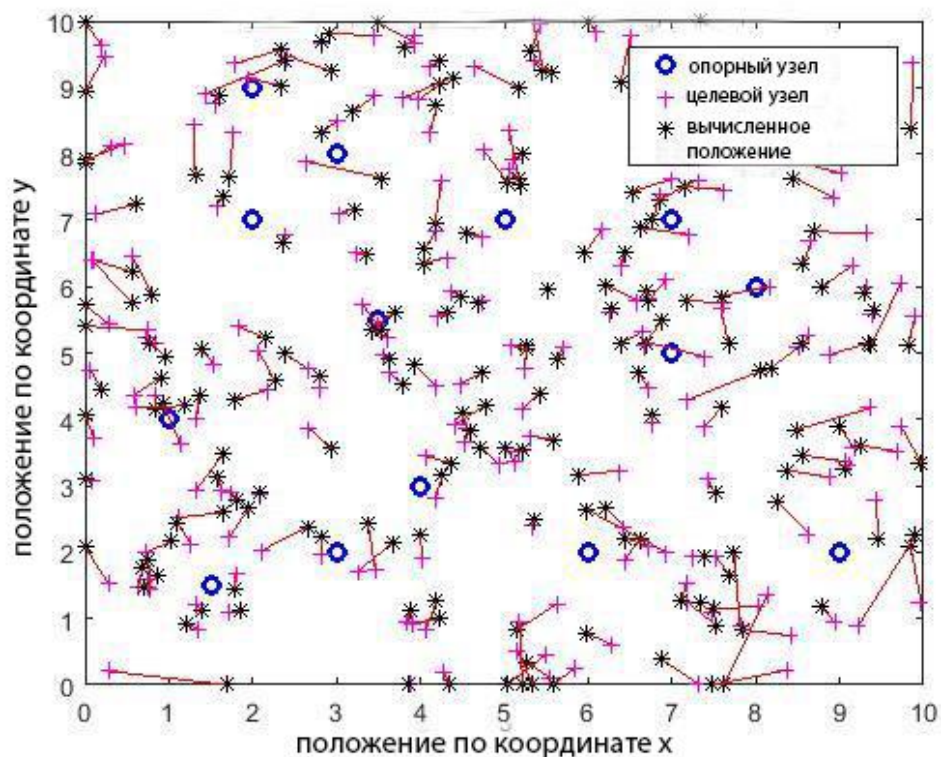


Рис. 5. Локализация с использованием RSSI, при $n=200$
Fig. 5. Localization using RSSI, at $n=200$

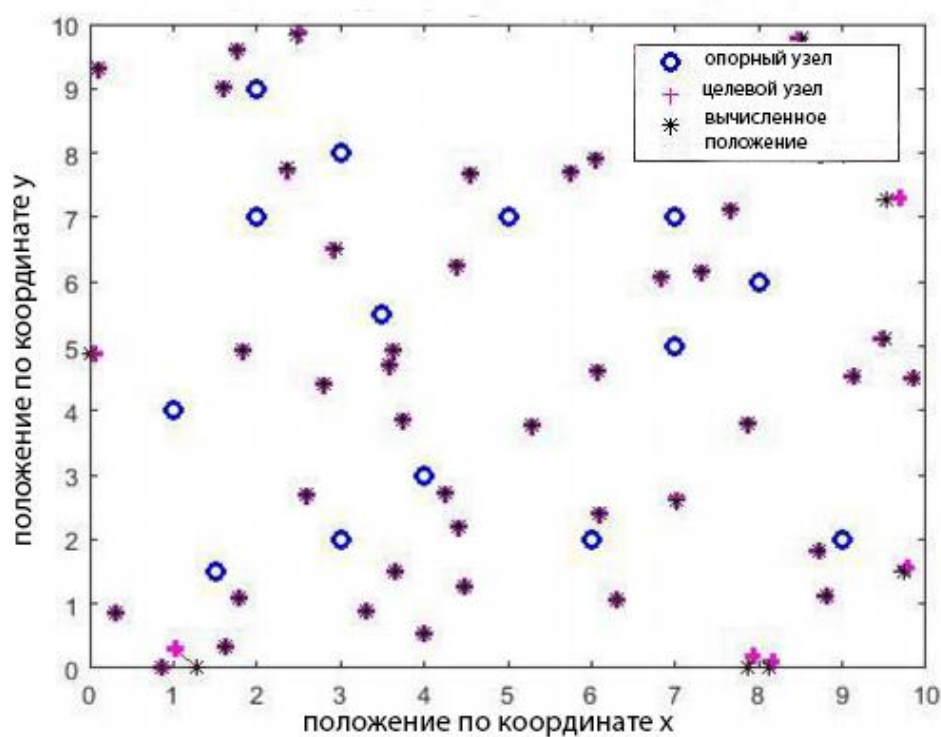


Рис. 6. Локализация с использованием TDoA, при $n=50$

Fig. 6. Localization using TDoA, at $n=50$

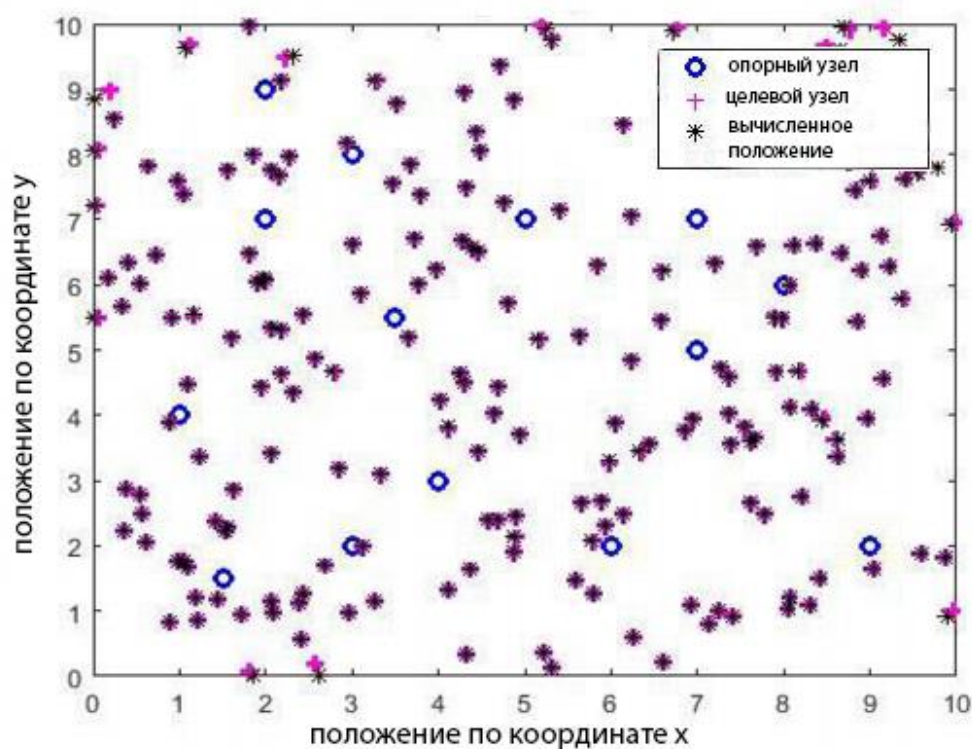


Рис. 7. Локализация с использованием TDoA, при $n=200$

Fig. 7. Localization using TDoA, at $n=200$

Таблица 2
Table 2

Значения среднеквадратической ошибки определения местоположения
The values of the RMS error of location determination

Количество целевых узлов	RSSI (м)	TDoA (м)
50	2,3	0,2
200	4,6	0,65

Из данных, представленных в таблице, можно видеть, что при использовании метода определения расстояния на основе TDoA среднеквадратичная ошибка определения положения меньше, чем для метода определения расстояния на основе RSSI для того же количества узлов. Анализ результатов также показывает, что измеренные значения RSSI имеют значительные вариации. В ситуациях, когда два сенсорных узла находятся на расстоянии менее 10 метров друг от друга, измеренные значения RSSI находились в диапазоне от 200 до 250 дБм. Однако было замечено, что разница значений RSSI, измеренных на расстояниях около 1 метра, могут быть малыми. Следовательно, это вносит ошибку в оценку расстояния между двумя сенсорными узлами, и не позволяет обеспечить хорошую точность при определении местоположения на основе дальности, используя измерения RSSI.

Заключение

В данной работе были проанализированы подходы к локализации сенсорных узлов с использованием метода определения расстояния на основе TDoA и RSSI, а с помощью метода роя частиц происходило определение координат целевого узла. Результаты показали эффективность данного подхода в решении задач локализации и определении положения сенсорных узлов. Результаты, полученные на основе моделирования, показывают, что метод определения имеет меньшую среднеквадратическую ошибку, чем метод RSSI. Но использование метода определения расстояния на основе TDoA требует более сложного устройства сенсорного узла и дополнительных вычислительных затрат.

Выводы

1. Проведенный анализ результатов показал работоспособность выбранного подхода в решении задач локализации и определения положения сенсорных узлов.
2. Экспериментальные исследования показали, что метод определения расстояния на основе TDoA обладает меньшей среднеквадратической ошибкой по сравнению с методом RSSI.

Список литературы

- Ефименко М.С., Клымив С.И., Саткенов Р.Б. 2018. Беспроводные сенсорные сети. Молодой ученый. 51 (237): 40–42.
- Boukerche A, Oliveira H.A.B.F., Nakamura E.F., Loureiro A.A.F. 2007. Localization systems for Wireless Sensor Networks. IEEE journals in Wireless Communications. 6(6): 6–12.
- Iliev N., Paprotny I., 2015. Review and Comparison of Spatial Localization Methods for Low Power Wireless Sensor Networks. IEEE Sensors Journal. 15(10): 5971–5987.
- Haiqiang D., Hejun C., Hualiang Z., Xiongxiang H. 2014. Localization in WSN using Maximum Likelihood Estimation with Negative Constraints based on Particle Swarm Optimization. Proceeding of 12th International Conference on Signal Processing, Hangzhou, China, pp. 2185–2189, doi: 10.1109/ICOSP.2014.7015382.
- Luo X.L., Li W., Lin J.R. 2012. Geometric Location Based on TDOA for Wireless Sensor Networks. International Scholarly Research Network (ISRN) Applied Mathematics. 2: 1–10.
- Ibrahim A., Rahim S.K.A., Mohamad H. 2015. Performance Evaluation of RSS-based WSN Indoor Localization Scheme using Artificial Neural Network Schemes. IEEE 12th Malaysia International



Conference on Communications (MICC), Kuching, Malaysia, pp. 300–305, doi: 10.1109/MICC.2015.7725451.

Kulkarni R.V., Kumar G.V. 2011. Particle Swarm Optimization in Wireless Sensor Networks: A Brief Survey. IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, 41(2): 262–267.

Priyantha N.B., Chakraborty A., Balakrishnan H. 2000. The Cricket Location-Support System. In Proceedings of the 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, Mobicom, pp. 32–43.

References

Efimenko M.S., Klymiv S.I., Satkenov R.B. 2018. Wireless sensor networks. Young Scientist. 51(237): 40–42.

Boukerche A, Oliveira H.A.B.F., Nakamura E.F., Loureiro A.A.F. 2007. Localization systems for Wireless Sensor Networks. IEEE journals in Wireless Communications. 6(6): 6–12.

Iliev N., Paprotny I., 2015. Review and Comparison of Spatial Localization Methods for Low Power Wireless Sensor Networks. IEEE Sensors Journal. 15(10): 5971–5987.

Haiqiang D., Hejun C., Hualiang Z., Xiongxiang H. 2014. Localization in WSN using Maximum Likelihood Estimation with Negative Constraints based on Particle Swarm Optimization. Proceeding of 12th International Conference on Signal Processing, Hangzhou, China, pp. 2185–2189, doi: 10.1109/ICOSP.2014.7015382.

Luo X.L., Li W., Lin J.R. 2012. Geometric Location Based on TDOA for Wireless Sensor Networks. International Scholarly Research Network (ISRN) Applied Mathematics. 2: 1–10.

Ibrahim A., Rahim S.K.A., Mohamad H. 2015. Performance Evaluation of RSS-based WSN Indoor Localization Scheme using Artificial Neural Network Schemes. IEEE 12th Malaysia International Conference on Communications (MICC), Kuching, Malaysia, pp. 300–305, doi: 10.1109/MICC.2015.7725451.

Kulkarni R.V., Kumar G.V. 2011. Particle Swarm Optimization in Wireless Sensor Networks: A Brief Survey. IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, 41(2): 262–267.

Priyantha N.B., Chakraborty A., Balakrishnan H. 2000. The Cricket Location-Support System. In Proceedings of the 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, Mobicom, pp. 32–43.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 06.02.2024

Received February 06, 2024

Поступила после рецензирования 01.03.2024

Revised March 01, 2024

Принята к публикации 04.03.2024

Accepted March 04, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Аль-Обайди Амир Мохаммед Жасим, Менеджер проектов, Компания «Zuhoor Al_Ameer general contracting», Багдад, Ирак

Al-obaidi M.ZH. Amir, Project manager, «Zuhoor Al_Ameer general contracting» company, Baghdad, Iraq

Заливин Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры информационной безопасности, Белгородский университет кооперации, экономики и права, г. Белгород, Россия

Alexander N. Zalivin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Departments of Information Security, Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, Russia

Бабаринов Сергей Леонидович, кандидат технических наук, главный инженер, ООО «Русagro Тех», г. Белгород, Россия

Babarinov L. Sergey, Candidate of Technical Sciences, Chief Engineer, Rusagro Tech LLC, Belgorod, Russia

УДК 621.396.94

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-241-249

Перспективные методы повышения скорости передачи информации в каналах метеорной связи

¹Сердюков В.С., ²Белов С.П., ²Орехов А.О.

¹ Белгородский университет кооперации, экономики и права,
Россия, 308023, Белгород, ул. Садовая, 116а

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: kaf-otzi-zav@bukep.ru, belovssergei@gmail.com, orekhovip@yandex.ru

Аннотация. В статье предложены перспективные направления развития и способы реализации каналов метеорной связи, позволяющие существенно увеличить коэффициент использования канала. Применение многонаправленной антенной решетки позволяет увеличить соотношение сигнал/шум на приемной стороне, не увеличивая энергетические затраты. Также применение предварительной оценки образовавшегося метеорного канала связи на передающей стороне позволит увеличить начальный объем передаваемых данных за счет применения многопозиционной модуляции в момент, когда электронная плотность канала максимальна. Актуальность исследований в данном направлении обусловлена увеличением реализации удаленного взаимодействия между территориально распределенными абонентами с применением метеорных инфокоммуникационных систем.

Ключевые слова: инфокоммуникационная система метеорной связи, многонаправленная антенная решетка, коэффициент использования метеорного канала, многопозиционная модуляция

Для цитирования: Сердюков В.С., Белов С.П., Орехов А.О. 2024. Перспективные методы повышения скорости передачи информации в каналах метеорной связи. Экономика. Информатика. 51(1): 241–249. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-241-249

Promising Methods for Increasing the Speed of Information Transmission in Meteor Communication Channels

¹Vladimir S. Serdyukov, ²Sergey P. Belov, ²Andrey O. Orekhov

¹ Belgorod University of Cooperation, Economics and Law,
Russia, 308023, Belgorod, st. Sadovaya, 116a

² Belgorod State National Research University
Russia, 308015, Belgorod, st. Pobedy, 85

E-mail: kaf-otzi-zav@bukep.ru, belovssergei@gmail.com, orekhovip@yandex.ru

Abstract. At present, the problems of stable communication in Arctic latitudes are relevant. The basic ways of communication used today are satellite and decameter communications, which allow transmitting information over long distances, but in turn, have several disadvantages. In this context, we should consider meteor communication channels in which the radio signal is reflected below the ionized layer. The current level of development of computer technology makes it possible to fundamentally change the structure of the meteor communication channel, methods for estimating the parameters of the communication channel and the process of generating channel signals with a given reception reliability. The article proposes promising areas of development and methods for implementing meteor communication channels, which can significantly increase the channel utilization rate. The use of multidirectional antenna array allows you to increase the signal-to-noise ratio on the receiving side without increasing energy costs. Also, the use of preliminary assessment of the formed meteor communication channel on the transmitting side will allow increasing the initial volume of transmitted data through the use of multi-position modulation at the moment when the electron density of the channel is maximum. The relevance of research in this direction is due to

the increase in the implementation of remote interaction between geographically distributed subscribers using meteor infocommunication systems.

Keywords: meteor-burst communication system, multi-directional antenna array, meteor channel utilization factor, multi-position modulation

For citation: Serdyukov V.S., Belov S.P., Orekhov A.O. 2024. Promising Methods for Increasing the Speed of Information Transmission in Meteor Communication Channels. Economics. Information technologies. 51(1): 241–249. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-241-249

Введение

Одним из видов радиосвязи, применяемых в настоящее время для реализации информационного взаимодействия между территориально распределенными абонентами с использованием в качестве среды распространения радиоволны ультракоротковолнового диапазона, является метеорная связь. Физически образование канала для передачи информации в указанных системах обусловлено периодическим появлением областей неоднородностей ионосферы с повышенной плотностью ионизации, образованных при сгорании метеоров в верхних слоях атмосферы Земли, что и вызывает эффект зеркально отраженных радиоволн. Однако, так как время появления метеоров и их геометрические размеры, а также длительность существования ионизированного облака, являются случайными величинами, то естественно и реализация информационного обмена также носит вероятностный характер, [Зюко и др. 1986; Капралов, Кирик, 2018].

Несмотря на это, в западных странах, особенно в США, с 1977 года используется сеть метеорной связи для сбора телеметрических метеоданных. Сегодня в этой сети работает более пятисот периферийных комплексов, отвечающих на запрос с базовой станции информацией о скорости ветра, температуре окружающей среды, количестве осадков. Более того, в США активно происходит совершенствование и развитие метеорной связи, конечной задачей которой является включение ее в систему оперативного управления стратегическими и оборонными наступательными силами [Титков, 2006].

Принимая во внимание достаточно широкое распространение систем метеорной связи за рубежом, научные знания о метеорной радиосвязи, накопленные в России, современные технологии создания оборудования радиосвязи, используемые сегодня, представляется целесообразным проектирование аппаратуры метеорной связи следующего поколения. Создание такой аппаратуры должно отталкиваться от современных подходов к оценке параметров канала метеорной связи, а также учитывать необходимость использования для передачи большего числа регистрируемых метеорных следов для увеличения вероятностно-временных характеристик передачи [Электронный ресурс]. В работе рассматриваются перспективные направления в разработке оборудования и способы организации связи на метеорных следах.

Метеорный канал связи

В верхних слоях атмосферы Земли постоянно происходит сгорание метеоров (метеорных роев, спорадических метеоров), которое при достаточной массе метеора образует регистрируемый метеорный след. Этот след, в большинстве случаев, приблизительно представляет собой конус ионизированного вещества общей протяженностью до 24 километров. Процессы образования метеорных следов, а также физические и электрические свойства метеорного следа, достаточно хорошо исследованы [Метеорная связь на ультракоротких волнах..., 1961; Бабаджанов, 1987; Белькович 2008; Карпов и др. 2008].

Ненасыщенные метеорные следы формируются слабыми метеорами. Согласно данным IMO (International Meteor Organization), ненасыщенными называются следы с линейной электронной плотностью $N < 2 \times 10^{14}$ электронов/м (на самом деле это справедливо

только для длины волны излучения $\lambda=4$ м. Для каждой длины волны существует своя критическая плотность, однако в теоретических материалах на сайте ИМО этот факт упускается из виду). Рассеяние радиоволн на ионизированных метеорных следах наиболее детально было рассмотрено в статье Т. Кайзера и Р. Клосса. Они показали, что в зависимости от характера отражения радиоволн различаются два типа метеорных следов. При $N < 2 \times 10^{14}$ электронов/м в диапазоне длин волн 4–10 м ионизированные метеорные следы ненасыщенные (неуплотненные), т. е. падающая волна без существенных искажений проходит сквозь след. При $N \geq 2 \times 10^{14}$ электронов/м след насыщенный (переуплотненный), т. е. внутри следа имеется область, в которой электронная плотность выше критической. В этом случае отражение происходит от границы критической плотности.

На приемной стороне амплитуда радиосигнала, отраженного от ненасыщенного метеорного следа, затухает во времени согласно экспоненциальному закону:

$$U = U_0 e^{-t/\tau}, \quad (1)$$

где t – время с момента образования метеорного следа, U_0 – максимальная амплитуда радиосигнала, τ – постоянная времени, характеризующая физические свойства ионизированного метеорного следа [Белькович, 1986]. Применяв формулу (1), можно оценить величину τ для конкретного метеорного следа по двум измеренным спустя определенный интервал времени значениям U и U_2 . При использовании передатчика с мощностью излучения $P_{\text{изл}} \approx$ от 0,4 до 1,1 кВт и приемной и передающей антенн с общим коэффициентом усиления $GA_{\text{прд}} + GA_{\text{прм}} \approx 15$ дБ время существования канала связи, с заданной достоверностью приема информации, не превышает 0,5 секунды.

Время существования канала связи, образованного на насыщенном метеорном следе вследствие отличия физических процессов при зеркальном отражении радиоволны, может быть ограничено несколькими десятками секунд. Следует отметить, что при разрыве метеорного следа высотными ветрами наблюдается явление многолучевости на приемной стороне, которое приводит к замираниям, не позволяющим использовать более высокую частоту сигналов в канале связи. [Мирошников и др. 2019]

Одним из основных параметров радиосвязи является максимальная удаленность приемника от передатчика, при которой возможен уверенный прием сигнала с заданной вероятностью возникновения ошибки. В метеорной связи этот параметр так же определяет варианты использования такого вида связи. Следует отметить и тот факт, что отражение радиоволн от метеорного следа всенаправленно, и может регистрироваться в том числе и на передающей стороне. Максимальное удаление приемника d_{max} определяется высотой возникновения метеорного следа, в среднем $h \approx 100$ км, и кривизной Земной поверхности

$$d_{\text{max}} \approx (8R_3 \times h)^{1/2} \approx 2250 \text{ км}, \quad (2)$$

где R_3 – радиус Земли. Практически, системы метеорной связи строятся на радиотрассах до 2000–2400 км, в зависимости от применяемого оборудования и способа размещения антенн.

Опираясь на эмпирические и теоретические исследования, можно получить количество метеорных следов K , образующихся в зоне пресечения диаграмм направленности, передающей и принимающей антенн. От спорадических метеоров 1–5 звездных величин с применением 3–5 элементной антенны Яги-Уда составляет $K \approx 40$ в час, а от метеоров 6–10 звездных величин (регистрируемых оборудованием отражение волн от метеорных следов) составляет $K \approx 10\,500$ в час. Учитывая основной недостаток метеорной связи – прерывистый характер, существуют статистически устойчивые вероятности возникновения канала связи. [Crook, Sytsma, 1989; Асири, 1989, Качнов, 2016].

Исходя из накопленной статистики, метеорные следы с наибольшей вероятностью образуются с июля по октябрь для северного полушария в утренние часы. В эти периоды

количество метеорных следов, образующих каналы связи, может приближаться к нескольким сотням в час. Средняя скорость передачи в таких условиях около 3 Кбит/с при протяженности радиотрассы от 650 до 1300 км. В неблагоприятные периоды и при больших протяженностях радиотрасс средняя скорость передачи значительно уменьшается и составляет около 40 бит/с. Для определения скорости передачи прерывающегося метеорного радиоканала используется среднечасовая скорость передачи.

Для увеличения пропускной способности, а также увеличения коэффициента использования метеорной системы связи воспользуемся обобщенной формулой, позволяющей оценить мощностные характеристики принимаемого радиосигнала, отраженного от ионизированной области: [Theory of Meteor Reflection 2024]

$$P_{\text{пр}}(\text{max}) = P_{\text{изл}} G_{\text{Апрд}} G_{\text{Апрм}} \lambda^3 F(\xi), \quad (3)$$

где $F(\xi)$ – функционал, описывающий физические характеристики определенного метеорного следа, его пространственное определение относительно направления и протяженности радиотрассы, а также свойства приемника; $P_{\text{изл}}$ – мощность излучаемого сигнала; $G_{\text{Апрд}}$, $G_{\text{Апрм}}$ – коэффициенты усиления передающей и приемной антенн соответственно; λ – длина излучаемой волны.

При закрепленных параметрах функционала для конкретного метеорного следа, можно отметить, что мощность сигнала на приемнике можно увеличить, повысив мощность излучателя радиосигнала, но увеличение излучаемой мощности выше 1 кВт приводит к значительному удорожанию и усложнению такой системы метеорной радиосвязи. К тому же возрастут и эксплуатационные расходы. На практике чаще применяют устройства с мощностью излучения $P_{\text{изл}} = 0,1\text{--}0,8$ кВт.

Из формулы (3) видно, что максимальная мощность сигнала на приемнике значительно снижается при увеличении рабочей частоты. Стоит отметить, при частотах, превышающих 60 МГц, увеличиваются потери информации, связанные с отрицательным влиянием многолучевого распространения сигнала. При использовании рабочих частот менее 30 МГц увеличивается влияние атмосферных помех, промышленного шума и космического шума. Выбор рабочих частот из диапазона 35–60 МГц подтверждается эмпирическими данными, которые указывают что в данном диапазоне достигается наибольшая средняя скорость передачи канала метеорной связи.

Для получения значения среднечасовой пропускной способности канала метеорной связи следует учесть не только пропускную способность конкретного метеорного следа, но и общее количество метеорных следов, подходящих для образования канала связи, попадающих в рабочую эффективную область атмосферы на пересечение диаграмм направленности антенн. (Рис. 1).

Очевидно, что при уменьшении площади эффективной области S количество метеорных следов, обеспечивающих создание канала связи, уменьшается, вместе с этим уменьшается и его среднечасовая пропускная способность.

Для увеличения мощности сигнала на приемнике следует увеличить коэффициент усиления антенной системы $G_{\text{Апрд}}$ и $G_{\text{Апрм}}$ что, как правило, ведет к сужению диаграммы направленности антенны. Такой подход имеет негативный эффект, так как при этом уменьшается область атмосферы, в которой образуются метеорные следы и сокращается средняя скорость передачи информации созданного таким образом канала метеорной связи. Избежать такого эффекта можно, применив в приемнике метеорной системы связи антенную решетку с узконаправленными антеннами, полностью перекрывающими рабочую область S (Рис. 2).

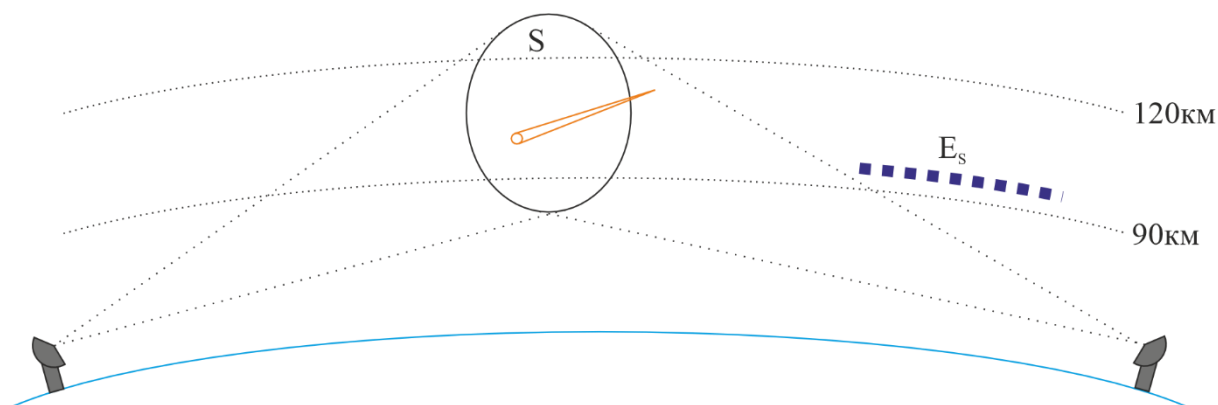


Рис. 1. Образование эффективной области атмосферы на метеорной трассе
Fig. 1. Creation of an effective region of the atmosphere on the meteor track

Использование многонаправленной антенной решетки снижает требования к соотношению сигнал/шум на приемной стороне и позволяет снизить потери мощности сигнала при отдалении области S от плоскости большого круга небесной сферы [Белькович и др. 1991]. Более того, применение мультидиаграммной антенной системы дает возможность сильно уменьшить мощность сосредоточенных помех, частота появления которых увеличивается вместе с увеличением частотного диапазона радиосигнала, за счет относительного смещения областей неуверенного приема парциальных диаграмм направленности.

Образование спорадического слоя E_s (см. рис. 1) может экранировать метеорные следы на время более 10 часов [Николашин, 2016]. Этот эффект следует принять во внимание при проектировании метеорной системы связи. На практике используемый частотный диапазон и механизм обмена информацией обеспечивают уверенный прием при наличии такого эффекта.

При организации канала связи необходимо учитывать влияние эффекта поворота плоскости поляризации в магнитоактивной плазме (эффект Фарадея), потери в производительности в метеорном канале связи с использованием антенн линейной поляризации могут достигать 48 % в дневное время и до 15 % в вечерние часы [Карпов, 1998].

Исходя из вышесказанного, для построения стабильной метеорной системы связи в условиях возможного возникновения спорадического слоя E_s требуется применять антенны с круговой поляризацией, в качестве примера можно использовать антенны типа Яги – Уда со смещенными на 90 градусов осями поляризации [Ротхаммель, Кришке, 2011].

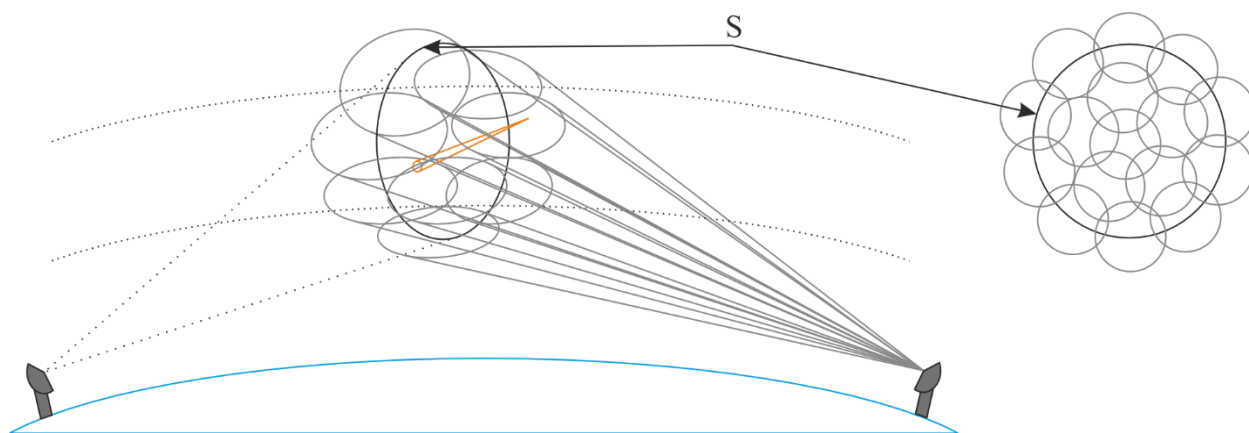


Рис. 2. Образование системы диаграмм направленности многолучевой антенной решеткой в эффективной области атмосферы
Fig. 2. Creation of a system of directivity pattern by the multipath antenna array in the effective region of the atmosphere

Из анализа статистических данных о количестве метеоров, сгорающих в верхних слоях атмосферы, следует, что без применения способов многопозиционной модуляции для использования переменной пропускной способности канала связи, с помощью построения средств связи с многонаправленной антенной решеткой, уверенно увеличивающей мощность сигнала на приемнике на 9–11 дБ, можно добиться увеличения коэффициента использования канала в три раза, за счет увеличения количества используемых метеорных следов для передачи.

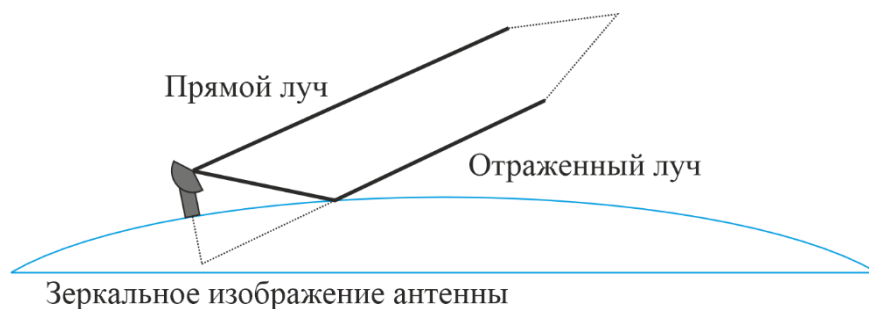


Рис. 3. Влияние подстилающей поверхности на распространения радиосигнала
Fig. 3. The influence of the underlying surface on the propagation of radio waves

Так как отражение радиосигнала от метеорного следа распространяется всенаправленно, то существует возможность зарегистрировать и оценить с некоторой достоверностью характеристики канала передачи данных. Предлагается так же, как и на передающей стороне использовать антенную решетку, которая позволит пространственно локализовать на участке неба возникший метеорный канал связи, при этом, адаптивно контролируя мощность передачи, а также за счет применения многопозиционной модуляции в момент, когда электронная плотность канала максимальна, можно добиться лучшего соотношения сигнал/шум на приемной стороне [Благов, Волвенко, 2010; Белокопытов, 2015; Рябов и др. 2016] Помимо прочего использование решетки узконаправленных антенн позволяет избавиться от влияния подстилающей поверхности (Рис. 3).

Заключение

Метеорная радиосвязь является перспективным видом связи для реализации информационного взаимодействия между территориально распределенными абонентами, особенно на дальнее расстояния, в том числе и в недоступных регионах, особенно в северных широтах. Использование в оборудовании метеорной связи антенно-фидерных решеток позволяет обеспечить повышение коэффициента использования канала в 2–3 раза по сравнению с единичной антенной. Также применение многонаправленной антенной решетки позволяет снизить воздействие некоторых видов помех и повысить рабочую частоту системы связи из-за снижения влияния многолучевого распространения радиоволн на канал связи.

Список литературы

- Асири Т., Карпов А.В., Кодиров А.И., Латипов, Д., Попов, В.И., Рубцов, Л.Н., Шарипов М. 1989. Боковое распространение радиоволн на коротких метеорных радиотрассах; Известия вузов. Радиофизика. Т. 32. № 7. с. 912–913.
- Бабаджанов П.Б. 1987. Метеоры и их наблюдения. М.: Наука. 176 с.
- Белокопытов АЕ. 2015. Выбор эффективного вида цифровой модуляции в системах радиосвязи по критериям эффективности; Научный альманах. № 11–3(13). с. 35–38. DOI:10.17117/na.2015.11.03.035
- Белькович О.И. 1971. Статистическая теория радиолокации метеоров. Казань, КГУ. 103 с.

- Белькович О.И. 1986. Статистическая теория метеоров. Дисс. на соиск. уч. ст. докт. физ.-мат. наук. Казань. 301 с.
- Белькович О.И., Сидоров В.В., Филимонова Т.К. 1991. Вычисление распределения метеорных радиантов по наблюдениям на одной радиолокационной станции с угломером; *Астрономический Вестник*. Т. 25. № 2. с. 225–232.
- Белькович О.И. 2008. Метеорное распространение радиоволн; Справ. пособие. Зеленодольск. 48 с.
- Благов Д.С., Волвенко С.В. 2010. Повышение скорости передачи информации в метеорных системах связи путем использования сигналов переменной длительности; *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление*. № 5(108) с. 7–13.
- Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Назаров М.В., Финк Л.М. 1986. Теория передачи сигналов; Изд. 2, перераб. и дополн. Москва: Радио и связь. 304 с.
- Капралов Д.Д., Кирик Д.И. 2018. Стохастическая модель метеорного радиоканала; *Труды учебных заведений связи*. Т. 4. № 3. DOI:10.31854/1813-324X-2018-4-3-54-64 с. 54–64.
- Карпов А.В., Сидоров В. В., Сулимов А. И. 2008. Метеорная генерация секретных ключей шифрования для защиты открытых каналов связи; *Информационные технологии и вычислительные системы*. № 3. с. 45–54
- Качнов А.И., Пенкин А.А., Рыбаков А.В. 2016 Разработка мобильной системы информационного обеспечения с использованием каналов метеорной связи; V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» (Санкт-Петербург, Россия, 10–11 марта 2016). Сборник научных статей. СПб.: СПбГУТ. с. 177–181.
- Метеорная связь на ультракоротких волнах; 1961. Сборник статей. под ред. А.Н. Казанцева. М.: Изд-во иностр. литературы. 287 с.
- Мирошников В.И., Будко П.А., Жуков Г.А. 2019. Основные направления развития метеорной связи; *Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли*. Т. 11. № 4. doi: 10.24411/2409-5419-2018-10277 с. 30–47.
- Николашин Ю.Л., Мирошников В.И., Будко П.А., Жуков Г.А. 2016. Территориально распределенный стенд ПАО «Интелтех» и новые возможности проведения НИР и ОКР по созданию перспективных комплексов связи; *Морская радиоэлектроника*. № 3. с. 50–55.
- Ротхаммель К., Кришке А. 2011. Энциклопедия антенн: пер с нем. М.: ДМК «Пресс». 812 с.
- Рябов И.В., Толмачев С.В., Лебедева А.А. 2016. Аппаратно-программный комплекс для обнаружения метеорных следов с изменяемой полосой пропускания; *Радиотехнические и телекоммуникационные системы*. № 4(24). с. 66–75
- Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации до 2020 года. [Электронный ресурс]. URL: https://minec.gov-murman.ru/activities/strat_plan/arkticzone/ (дата обращения 09.01.2024).
- Титков С.Б. 2006 Технические предложения по использованию метеорной связи; *Защита информации. Инсайд*. № 3. с. 74–80.
- Crook A.G., Sytsma D. 1989. Meteor burst telemetry in hydrologic data acquisition; Remote Data Transmission (Proceedings of the Vancouver Workshop, August 1987). LAHS Publ. No. 178. Pp. 9–17.
- Theory of Meteor Reflection; The International Meteor Organization (IMO). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.imo.net/observations/methods/radio-observation/reflection/> (дата обращения 09.01.2024).

References

- Asiri T., Karpov A. V., Kodirov A. I., Latipov, D., Popov, V.I., Rubtsov, L.N., Sharipov M. 1989. Bokovoe rasprostranenie radiovoln na korotkikh meteornykh radiotrassakh; *Izvestiya vuzov. Radiofizika*. Т. 32. № 7. pp. 912–913. (in Russian)
- Babadzhanov P.B. 1987. Meteory i ikh nablyudeniya. M.: Nauka, Gl. red. fizmat, lit., 176 p. (in Russian)
- Belokopytov A.E. 2015. Vyboreffektivnogo vida tsifrovoy modulyatsii v sistemakh radiosvyazi po kriteriyam effektivnosti; *Nauchnyy al'manakh*. № 11-3(13). pp. 35–38. DOI:10.17117/na.2015.11.03.035 (in Russian)
- Bel'kovich O.I. 1971. Statisticheskaya teoriya radiolokatsii meteorov; Kazan', KGU. 103 p. (in Russian)

- Bel'kovich O.I. 1986. Statisticheskaya teoriya meteorov. Diss. na soisk. uch. st. dokt. fiz.-mat. nauk. Kazan', 301 p. (in Russian)
- Bel'kovich O.I., Sidorov V.V., Filimonova T.K. 1991. Vychislenie raspredeleniya meteornykh radiantov po nablyudeniym na odnoy radiolokatsionnoy stantsii s uglomerom; *Astronomicheskiy Vestnik*. T. 25. № 2. pp. 225–232. (in Russian)
- Bel'kovich O.I. 2008. Meteornoe rasprostranenie radiovoln; *Sprav. posobie*. Zelenodol'sk. 48 p. (in Russian)
- Blagov D.S., Volvenko S.V. 2010. Povyshenie skorosti peredachi informatsii v meteornykh sistemakh svyazi putem ispol'zovaniya signalov peremennoy dlitel'nosti; *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Informatika. Telekommunikatsii. Upravlenie*. № 5(108) 7–13. (in Russian)
- Zyuko A.G., Klovskiy D.D., Nazarov M.V., Fink L.M. 1986. *Teoriya peredachi signalov*; Izd. 2, pererab. i dopoln. Moskva: Radio i svyaz'. 304 p. (in Russian)
- Kapralov D.D., Kirik D.I. 2018. Stokhasticheskaya model' meteornogo radiokanala; *Trudy uchebnykh zavedeniy svyazi*. T. 4. № 3. DOI:10.31854/1813-324X-2018-4-3-54-64 p. 54–64. (in Russian)
- Karpov A.V., Sidorov V.V., Sulimov A.I. 2008. Meteornaya generatsiya sekretnykh klyuchey shifrovaniya dlya zashchity otkrytykh kanalov svyazi; *Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy*. № 3. pp. 45–54 (in Russian)
- Kachnov A.I., Penkin A.A., Rybakov A.V. 2016 Razrabotka mobil'noy sistemy informatsionnogo obespecheniya s ispol'zovaniem kanalov meteornoy svyazi; *V Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya i nauchno-metodicheskaya konferentsiya «Aktual'nye problemy infotelekkommunikatsiy v nauke i obrazovanii» (Sankt-Peterburg, Rossiya, 10–11 marta 2016). Sbornik nauchnykh statey*. SPb.: SPbGUT. (in Russian) p. 177–181.
- Meteornaya svyaz' na ul'trakorotkikh volnakh; 1961. *Sbornik statey*. pod red. A. N. Kazantseva. M.: Izd-vo inostr. literatury. 287 p. (in Russian)
- Miroshnikov V.I., Budko P.A., Zhukov G.A. 2019. Osnovnye napravleniya razvitiya meteornoy svyazi; *Naukoemkie tekhnologii v kosmicheskikh issledovaniyakh Zemli*. T. 11. № 4. doi: 10.24411/2409-5419-2018-10277 pp. 30–47. (in Russian)
- Nikolashin Yu.L., Miroshnikov V. I., Budko P. A., Zhukov G. A. 2016. Territorial'no raspredelennyy stend PAO «Inteltek» i novye vozmozhnosti provedeniya NIR i OKR po sozdaniyu perspektivnykh kompleksov svyazi; *Morskaya radioelektronika*. № 3. pp. 50–55. (in Russian)
- Rotkhammel' K., Krishke A. 2011. *Entsiklopediya antenn: per s nem*. M.: DMK «Press». 812 p. (in Russian)
- Ryabov I.V., Tolmachev S.V., Lebedeva A.A. 2016. Appararno-programmnyy kompleks dlya obnaruzheniya meteornykh sledov s izmenyaemoy polosoy propuskaniya; *Radiotekhnicheskie i telekommunikatsionnye sistemy*. № 4(24). pp. 66–75 (in Russian)
- Strategiya razvitiya Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii do 2020 goda. [Elektronnyy resurs]. URL: https://minrec.gov-murman.ru/activities/strat_plan/arkticzone/ (date 09.01.2024).
- Titkov S.B. 2006 Tekhnicheskie predlozheniya po ispol'zovaniyu meteornoy svyazi; *Zashchita informatsii*. Insayd. № 3. p. 74–80. (in Russian)
- Crook A.G., Sytsma D. 1989. Meteor burst telemetry in hydrologic data acquisition; *Remote Data Transmission (Proccedings of the Vancouver Workshop, August 1987)*. LAHS Publ. No. 178. pp. 9–17.
- Theory of Meteor Reflection; The International Meteor Organization (IMO). [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.imo.net/observations/methods/radio-observation/reflection/> (date 09.01.2024).

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 06.02.2024

Поступила после рецензирования 03.03.2024

Принята к публикации 04.03.2024

Received February 06, 2024

Revised March 03, 2024

Accepted March 04, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сердюков Владимир Семенович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационной безопасности, Белгородский университет кооперации, экономики и права, г. Белгород

Белов Сергей Павлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород

Орехов Андрей Олегович, аспирант кафедры информационных систем и технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vladimir S. Serdyukov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Information Security. Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod

Sergey P. Belov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Information and Telecommunication Systems and Technologies. Belgorod State National Research University, Belgorod

Andrey O. Orekhov, graduate student of the Department of Information Systems and Technologies. Belgorod State National Research University, Belgorod

УДК 004.934

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-250-260

Построение спектрограмм звуковых сигналов на основе субполосных представлений

¹Болдышев А.В., ²Медведева А.А., ²Прохоренко Е.И., ²Гайворонская Д.И.

¹ПАО «Ростелеком» Белгородский филиал, Россия, 308002, г. Белгород, пр-кт. Б. Хмельницкого, д. 81

²Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015,
г. Белгород, ул. Победы, д. 85
E-mail: boldyshev@bsu.edu.ru

Аннотация. В работе описывается одно из направлений исследования звуковых сигналов – анализ звуков с использованием спектрограмм как средства визуализации динамического изменения интенсивности частотных составляющих сигнала. Ввиду того, что звук и, в частности, речевые сообщения, остается наиболее естественной формой обмена информацией, данное направление востребовано в различных технологиях, связанных с обработкой звуковых данных. Спектрограммы применяют студии звукозаписи для очистки от шумов музыкальных произведений, записанных на старые аналоговые носители. В технологиях распознавания речи человека спектрограммы являются перспективным источником данных для анализа формантного состава звуков речи с помощью нейронных сетей, ориентированных на анализ изображений. Поэтому получение изображения высокой четкости и контрастности, позволяющее устойчиво выделять форманты и в музыке, и в речи, представляется актуальной задачей. Известные алгоритмы построения спектрограмм основаны на применении дискретного преобразования Фурье, что обусловлено наличием алгоритма быстрого преобразования (БПФ), существенно сокращающего затраты на вычисления. В работе отмечаются недостатки алгоритма БПФ, которые могут возникать при исследовании свойств речевых сигналов, и представлен новый метод построения спектрограмм на основе субполосных представлений. В основе метода лежит использование субполосных матриц. В работе продемонстрирована эффективность предлагаемого подхода, которая заключается в более четком отображении областей сосредоточения энергии анализируемого звукового сигнала, по сравнению с известными методами.

Ключевые слова: спектрограмма, доля энергии, обработка звука, речевые сигналы, субполосные представления, субполосная матрица

Для цитирования: Болдышев А.В., Медведева А.А., Прохоренко Е.И., Гайворонская Д.И. 2024. Построение спектрограмм звуковых сигналов на основе субполосных представлений. Экономика. Информатика, 51(1): 250–260. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-250-260

Algorithm for Constructing and Analyzing Spectrograms of Audio Signals

¹Aleksei V. Boldyshev, ²Aleksandra A. Medvedeva, ²Ekaterina I. Prokhorenko,
²Diana I. Gaivoronskaya

¹PJSC Rostelecom Belgorod branch, 81 B. Khmel'nitsky ave., Belgorod 308002, Russia

²Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia
E-mail: boldyshev@bsu.edu.ru

Abstract. The paper describes one of the areas of sound signals research sound analysis using spectrograms as a means of visualizing dynamic changes in the intensity of the frequency components of the signal. Due to the fact that sound and, in particular, speech messages remain the most natural form of information exchange, this area is in demand in various technologies related to the processing of audio data. Spectrograms are used by recording studios to remove noise from musical works recorded on old analog media. In human speech recognition technologies, spectrograms are a promising source of data for analyzing the

formant composition of speech sounds using neural networks focused on image analysis. Therefore, obtaining an image of high clarity and contrast, allowing stable identification of formants, both in music and in speech, seems to be an urgent task. Known algorithms for constructing spectrograms are based on the use of a discrete Fourier transform, which is due to the presence of a fast transformation algorithm (FFT), which significantly reduces computational costs. The paper points out the shortcomings of the FFT algorithm that may arise when studying the properties of speech signals and presents a new method for constructing spectrograms based on subband representations. The method is based on the use of subband matrices. The work demonstrates the effectiveness of the proposed approach, which consists in a clearer display of areas where the energy of the analyzed sound signal is concentrated, compared to known methods.

Keywords: spectrogram, energy share, sound processing, speech signals, subband representations, subband matrix

For citation: Boldyshev A.V., Medvedeva A.A., Prokhorenko E.I., Gaivoronskaya D.I. 2024. Algorithm for Constructing and Analyzing Spectrograms of Audio Signals. Economics. Information technologies, 51(1): 250–260. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-1-250-260

Введение

Обмен информацией посредством звуковых и, в частности, речевых сообщений остается наиболее естественным, а потому удобным для человека способом, поэтому цифровая обработка звуковых сигналов является одним из популярных направлений исследований. Анализ звука по различным параметрам применяется в самых разных областях науки и техники, например, в звукорежиссуре при коррекции или реставрации аудиозаписей, в интернет-технологиях для распознавания и синтеза речи, в телекоммуникациях для анализа качества воспроизведения речи, в рекламном бизнесе для анализа по издаваемым звукам эмоциональной вовлеченности клиента и т. д.

Важным инструментом для анализа и манипулирования звуковыми сигналами является спектрограмма – представление звуковых сигналов, которое визуализирует в виде изображения изменение интенсивности сигнала на всем спектре частот с течением времени. Преимуществом спектрограммы, как инструмента анализа, является возможность осуществлять обработку определенных частот, не затрагивая весь спектр звукового сигнала. Спектрограммы широко используются, например, студиями звукозаписи для очистки от шумов музыкальных произведений, записанных на старые аналоговые носители. В технологиях распознавания речи человека спектрограммы являются перспективным источником данных для анализа формантного состава звуков речи с помощью нейронных сетей, ориентированных на анализ изображений. Поэтому получение изображения высокой четкости и контрастности, позволяющее устойчиво выделять форманты, и в музыке, и в речи, представляется актуальной задачей.

Методы исследования

Речевой сигнал является функцией времени, таким образом, он может быть описан с помощью различных математических моделей. Наиболее распространёнными математическими моделями речевых сигналов являются модели, которые позволяют представить изменение энергии сигнала в частотной области, такое как, например, дискретное преобразование Фурье (ДПФ) [Жиляков, 2015]:

$$X_d(k) = \sum_{i=1}^N x_i e^{-j \frac{2\pi}{N} (i-1)(k-1)}, \quad (1)$$

где $x_i = x(i\Delta t)$; $k = 1, N$, N – длительность окна анализа сигнала;

$2\pi / N$ – интервал дискретизации частотной оси.

ДПФ широко применяем ввиду наличия алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ), которое позволяет значительно повысить скорость вычислений.

Среди всех характеристик, которые используются при исследовании свойств речевых сигналов, как значимую, можно выделить долю энергии, сосредоточенную в определенном интервале частот.

Стоит отметить, что применение БПФ дает большие погрешности при оценке долей энергии, особенно если анализ проводится в интервале малой ширины [Жиляков, Трубицына, Прохоренко, Болдышев, 2019].

В статье предлагается алгоритм построения спектрограмм звуковых сигналов с использованием субполосных матриц, которые позволяют получить более точные результаты в отличие от алгоритмов на базе преобразования Фурье.

В качестве исходных звуковых данных в работе используются записи речевых сообщений различных дикторов. Имеется речевой сигнал

$$\vec{f} = (f_1, \dots, f_L) \quad (2)$$

длительностью L отсчетов, который обрабатывается отрезками по N отсчетов:

$$\vec{x}_i = (f_{(i-1)N+1}, \dots, f_{iN})^T, i=1, \dots, M, \quad (3)$$

где N – длительность окна анализа,

$M=L/N$ – количество отрезков,

T – операция транспонирования.

Частотный диапазон $[0, \pi]$ разбит на R частотных интервалов:

$$W_r = [-\Omega_{r+1}, -\Omega_r) \cup [\Omega_r, \Omega_{r+1}), \Omega_0 = 0, \quad (4)$$

где Ω_r – нормированная круговая частота; $\Omega_{r+1} - \Omega_r = \text{const}$.

В публикации Жилякова Е.Г. приведено описание возможности осуществить вычисление точных долей энергий анализируемых отрезков с использованием субполосных матриц вида [Жиляков, 2015]:

$$A_r = \{a_{ik}^r\} = \int_{\omega \in W_r} e^{-j\omega(i-k)} d\omega = \frac{\sin[\Omega_{r+1}(i-k)] - \sin[\Omega_r(i-k)]}{\pi(i-k)}. \quad (5)$$

Чтобы вычислить доли энергии отрезка (3), которые будут находиться в выбранных частотных интервалах, справедливо соотношение вида:

$$C_r = \vec{x}^T A_r \vec{x} / \|\vec{x}\|^2 = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N x_i a_{ik}^r x_k \right) / \|\vec{x}\|^2, \quad (6)$$

где $\|\vec{x}\|^2$ – энергия исходного сигнала.

Матрицы (5) симметричные и неотрицательно определённые, поэтому для них справедливо представление в виде набора собственных векторов и чисел [Жиляков, Трубицына, Прохоренко, Болдышев, 2019]:

$$A_r = Q_r L_r Q_r^T = \sum_{i=1}^N \lambda_{ir} \vec{q}_{ir} \vec{q}_{ir}^T, \quad (7)$$

$$A_r \vec{q}_{ir} = \lambda_{ir} \vec{q}_{ir}, \quad (8)$$

$$0 \leq \lambda_{kr} \leq 1, k=1, \dots, N,$$

где $Q_r = \{\vec{q}_1^r, \vec{q}_2^r, \dots, \vec{q}_N^r\}$ – матрица собственных векторов;

$L_r = \text{diag}(\lambda_1^r, \dots, \lambda_N^r)$ – диагональная матрица собственных чисел.

При этом:

$$\begin{cases} \|\vec{q}_{kr}\|^2 = 1 \\ (\vec{q}_{ir}, \vec{q}_{kr}) = 0, i \neq k \end{cases} . \quad (9)$$

Подставив (7) в (6), получим:

$$C_r = \frac{\sum_{i=1}^N \lambda_{ir} \alpha_{ir}^2}{\|\vec{x}\|^2}, \quad (10)$$

$$\alpha_{ir} = (\vec{q}_{ir}, \vec{x}) = \sum_{i=1}^N q_{ir} x_i, \quad (11)$$

где α_{ir} – скалярные произведения отрезка сигнала на собственные векторы.

Собственные числа количественно характеризуют сосредоточенность в выбранных частотных интервалах долей энергий соответствующих собственных векторов. Другими словами, собственное число, равное единице, показывает сосредоточенность всей энергии соответствующего собственного вектора в выбранном частотном интервале. Вне границ этого интервала энергия вектора не просачивается.

Исследования в [Жиляков, Белов, Олейник, Трубицына, 2019] показали достаточность использования только

$$J = 2 \frac{[N(\Omega_{r+1} - \Omega_r)]}{2\pi} + 4, \quad (12)$$

собственных чисел отличных от нуля, поэтому выражение (10) представимо как:

$$C_r = \frac{\sum_{i=1}^J \lambda_{ir} \alpha_{ir}^2}{\|\vec{x}\|^2}. \quad (13)$$

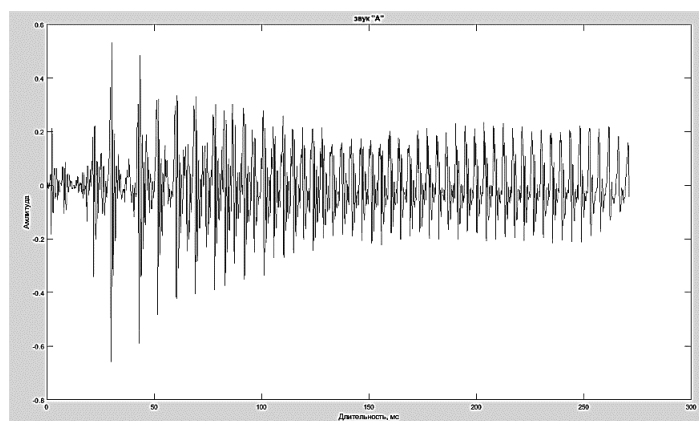
При таком подходе снижаются вычислительные затраты, так как достаточно всего один раз выполнить предварительный расчет собственных векторов и чисел матрицы A_r .

Результаты и их обсуждение

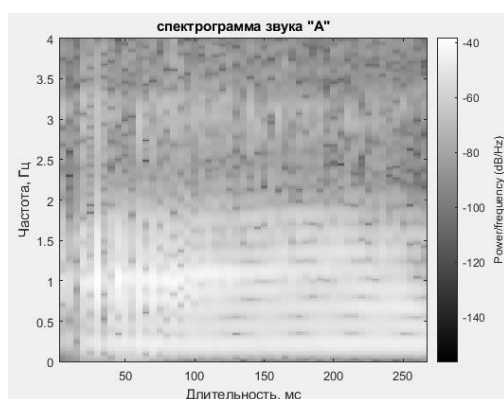
Чтобы с помощью выражения (13) построить спектрограмму речевого сигнала, сперва потребуется вычислить распределение энергий по частотным интервалам в анализируемом отрезке (3), затем осуществить сдвиг окна анализа и выполнить вычисления снова.

Оценивание эффективности предлагаемого алгоритма было проведено путем визуального сравнения со спектрограммами, построенными с использованием БПФ. Для апробации алгоритма использовались звукозаписи речевых сообщений, записанные несколькими дикторами с частотой дискретизации 8000 Гц. В записях ручным способом были найдены фрагменты, соответствующие различным звукам русской речи. Отрезок речевого сигнала, который соответствует звуку «А», и спектрограммы, которые были построены с помощью алгоритма БПФ и предлагаемого подхода (13), приведены ниже на рисунке 1.

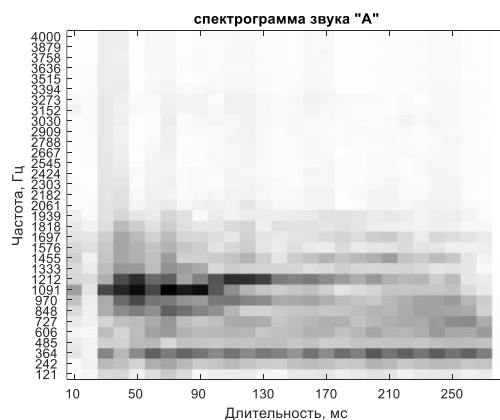
На спектрограммах, полученных с применением ДПФ, видно максимальное сосредоточение энергии в области 250–1500 Гц. Точные частотные диапазоны, в которых наблюдается наибольшая концентрация энергии, определить трудно. Субполосный метод, обеспечивает возможность получить значительно лучший результат. Видно, что максимальное значение энергии будет находиться в диапазоне 350–450 Гц и область 850–1250 Гц.



а)



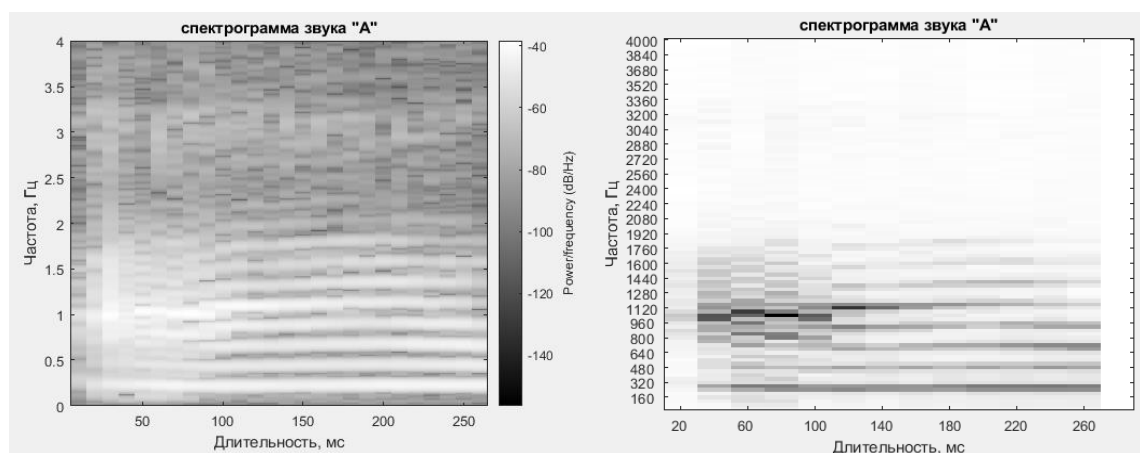
б)



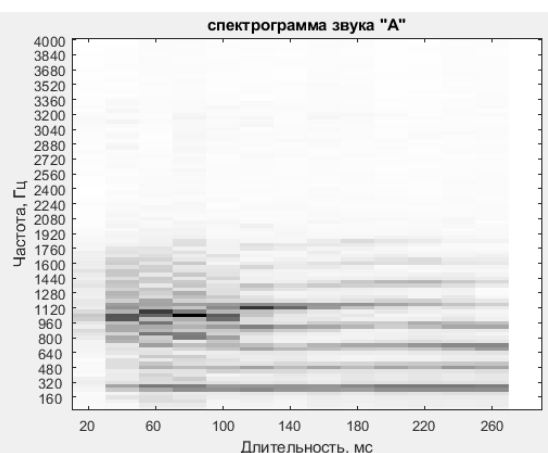
в)

Рис. 1. а) Исходный отрезок речевого сигнала (звук «А»), б) Спектрограмма с использованием алгоритма БПФ (число точек Фурье – 512), в) Спектрограмма с использованием (13)
Fig. 1. a) Initial segment of the speech signal (sound «А»), b) Spectrogram using the FFT algorithm (number of Fourier points – 512), c) Spectrogram using (13)

Чтобы получался более точный результат, следует изменить параметры построения спектрограмм: размер окна ДПФ повысить до 1024, а для субполосного метода повысить количество частотных интервалов R, например, до 100. Результаты построения спектрограмм приведены ниже.



а)



б)

Рис. 2. а) Спектрограмма (звук «А») с использованием алгоритма БПФ (число точек Фурье – 1024), б) Спектрограмма с использованием (13)
Fig. 2. a) Spectrogram (sound «А») using the FFT algorithm (number of Fourier points – 1024), b) Spectrogram using (13)

После увеличения количества точек Фурье стало возможным идентифицировать 8 участков концентрации энергии, которые расположены в диапазоне 250–1500 Гц. Интенсивность цвета (белого) позволяет предположить, что в полученных диапазонах энергия или равная или близкая по величине.

В субполосном методе (13) повышение количества частотных интервалов дало возможность увидеть 6 областей, на которые приходится наибольшая концентрация энергии (черный цвет). Кроме того, отчетливо видно, что максимальная концентрация находится именно в области 250–350 Гц.

Результаты исследования для звуков «И» и «Ш» приведены на рисунках 3 и 4 (количество точек Фурье – 1024, $R=100$).

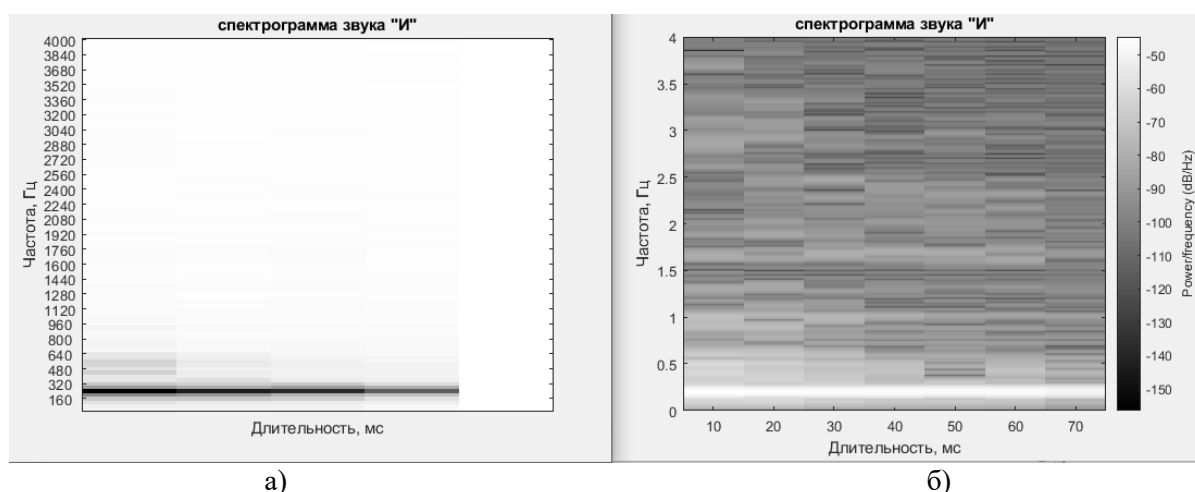


Рис. 3. а) Спектрограмма (звук «И») с использованием алгоритма БПФ (количество точек Фурье – 1024), б) Спектрограмма с использованием (13)

Fig. 3. a) Spectrogram (sound «И») using the FFT algorithm (number of Fourier points – 1024),
b) Spectrogram using (13)

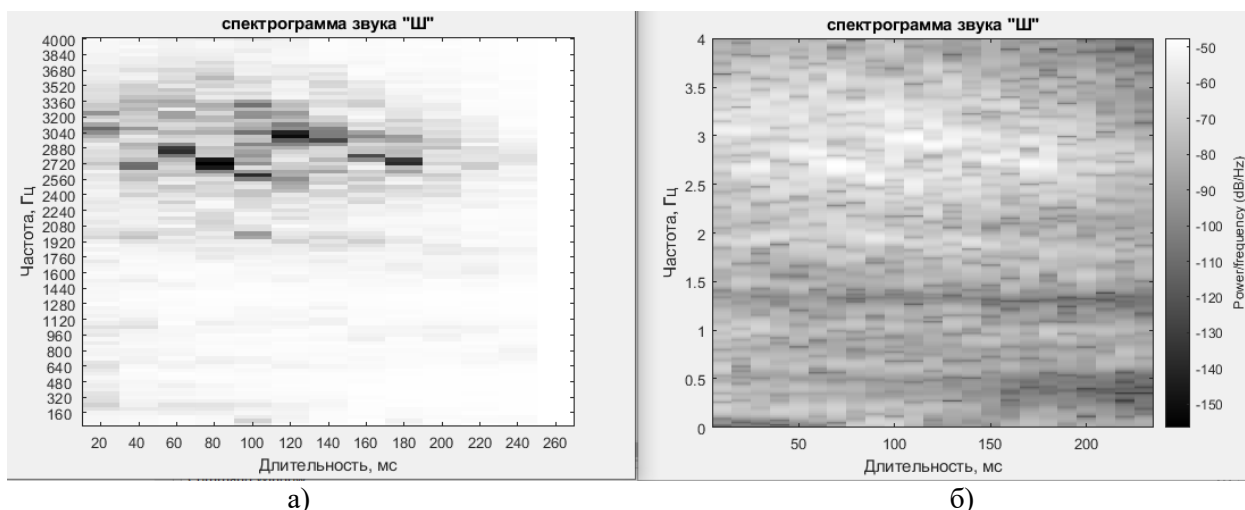


Рис. 4. а) Спектрограмма (звук «Ш») с использованием алгоритма БПФ (количество точек Фурье – 1024), б) Спектрограмма с использованием (13)

Fig. 4. a) Spectrogram (sound «Ш») using the FFT algorithm (number of Fourier points – 1024),
b) Spectrogram using (13)

На спектрограммах, которые построены с использованием субполосного метода, более четко видны области максимального сосредоточения энергии звука, нежели на спектрограммах, построенных с применением БПФ. Полученные результаты свидетельствуют о том, что предложенный метод построения спектрограмм целесообразно применять в задачах анализа речевых сигналов.

В рамках исследования проводилась оценка результатов работы двух методов получения спектрограмм при обработке звуковых сигналов с большей длительностью. На рисунке 5 продемонстрированы результаты работы методов при анализе речевого сигнала, соответствующего слову «Побежал» (количество точек Фурье 1024, $R=100$).

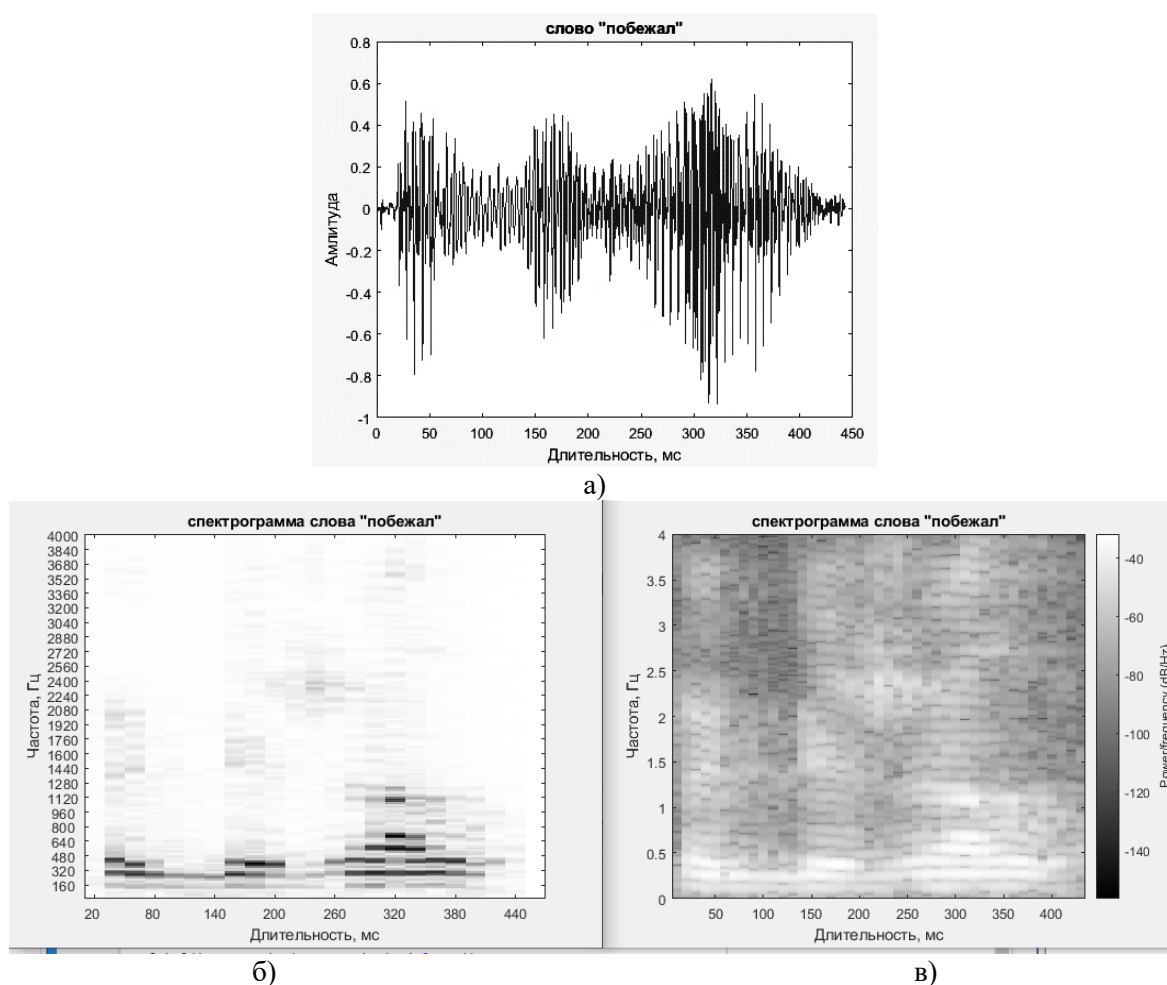


Рис. 5. а) Исходный отрезок речевого сигнала (слово «Побежал»), б) Спектрограмма с использованием алгоритма БПФ, в) Спектрограмма с использованием (13)

Fig. 5. a) Initial segment of the speech signal (the word «Run»), b) Spectrogram using the FFT algorithm, c) Spectrogram using (13)

Далее на рисунке 6 приведен график формы сигнала (слово «Заслужил») и построенные спектрограммы (количество точек Фурье 1024, $R=100$).

На приведенных выше спектрограммах нетрудно идентифицировать участки, которые соответствуют отдельным фонемам вокализованных звуков, кроме того, четко видны фрагменты, соответствующие согласным звукам, таким как звуки «Ж», «З», «Ч». Применение субполосного метода позволяет получить более точную картину участков частотной области, в которых сосредоточена основная доля энергии.

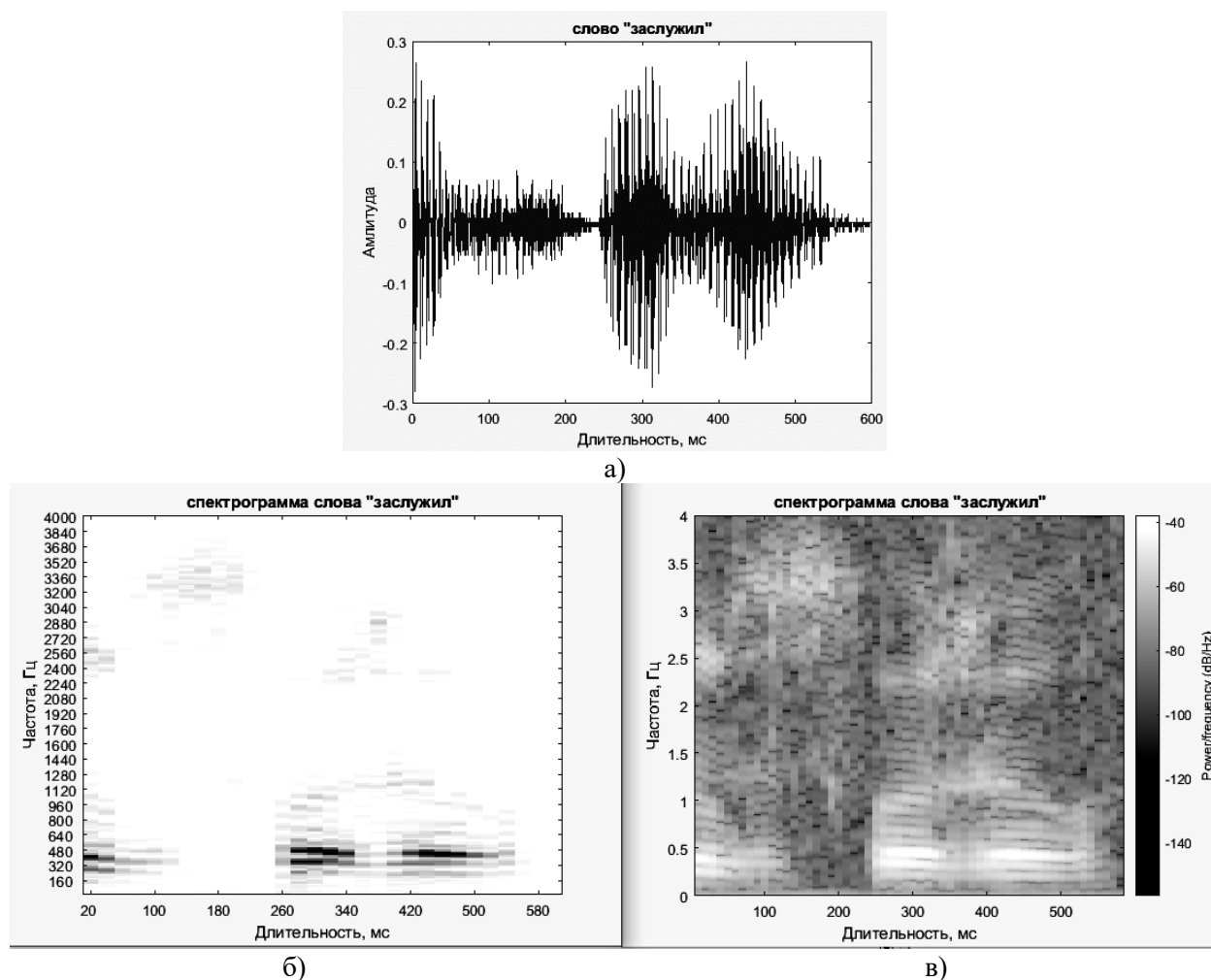


Рис. 6. а) Исходный отрезок речевого сигнала (слово «Заслужил»), б) Спектрограмма с использованием алгоритма БПФ, в) Спектрограмма с использованием (13)
Fig. 6. a) The original segment of the speech signal (the word «Deserved»), б) Spectrogram using the FFT algorithm, c) Spectrogram using (13)

Заключение

В работе была продемонстрирована работоспособность и эффективность метода построения спектрограмм с использованием субполосных матриц. Показана возможность предварительного расчета субполосных матриц, что позволяет сократить вычислительные затраты при проведении исследований.

Проведенные вычислительные эксперименты демонстрируют преимущество предлагаемого подхода построения спектрограмм звуковых сигналов на основе субполосных представлений перед методом на основе преобразования Фурье. На получаемых спектрограммах более точно видны диапазоны частот, в которых имеется наибольшая концентрация энергии. Так на примере звукового сигнала, который соответствует звуку «А», удалось увидеть, что основная энергия концентрируется в 6 областях и наибольшая доля находится в области 250–350 Гц. В то время как применение ДПФ показывает 8 областей и визуально определить область с наибольшей энергией достаточно сложно.

Более эффективно показал себя предлагаемый подход и при построении спектрограмм для фрагментов речевых сигналов большей длительности. На спектрограммах достаточно четко определяются фрагменты, соответствующие как отдельным фонемам вокализованных звуков, так соответствующие согласным звукам, например «Ж», «З», «Ч».

Важным преимуществом при работе с субполосными матрицами является то, что они могут быть заранее рассчитаны по любым параметрам анализа и храниться в базе. Это исключает необходимость постоянного их расчета в алгоритмах, что существенно сокращает вычислительные затраты при проведении исследований.

В целом описанные выше результаты исследования позволяют сделать вывод о целесообразности применения предлагаемого подхода построения спектрограмм для анализа речевых сигналов.

Список литературы

- Балабанова Т.Н., Трубицына Д.И., Болдышев А.В., Прохоренко Е.И., Гайворонский В.А. 2022. Обработка речевых данных в ИТС: Практикум лабораторный. Белгород: Изд-во НИУ «БелГУ», 62 с.
- Белов С.П., Белов А.С., Прохоренко Е.И., Балабанова Т.Н. 2022. Субполосная идентификация словных фрагментов речевых сигналов по заданному образцу. Экономика. Информатика. 49(3): 589–596. DOI: 10.52575/2687-0932-2022-49-3-589-596.
- Белов С.П., Жилияков Е.Г., Коськин А.В., Трубицына Д.И. 2019. Субполосный анализ и синтез сигналов в рамках косинусного преобразования. Информационные системы и технологии. 4(114): 13–22.
- Болдышев А.В., Медведева А.А., Прохоренко Е.И. 2017. Параметрическое описание звуков речи в задаче распознавания. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 23(272): 159–168.
- Гантмахер Ф.Р. 2010. Теория матриц. 5-е изд., М.: ФИЗМАТЛИТ, 560 с.
- Жилияков Е.Г. 2015. Оптимальные субполосные методы анализа и синтеза сигналов конечной длительности. Автоматика и телемеханика. 4: 51–66.
- Жилияков Е.Г., Белов С.П., Олейник И.И., Трубицына Д.И. 2019. Обобщенный субполосный анализ и синтез сигналов. Инфокоммуникационные технологии. 17(2): 139–145. DOI: 10.18469/ikt.2019.17.2.01.
- Жилияков Е.Г., Белов С.П., Прохоренко Е.И. 2007. Методы обработки речевых данных в информационно-телекоммуникационных системах на основе частотных представлений. Белгород: Изд-во БелГУ. 136 с.
- Жилияков Е.Г., Трубицына Д.И., Прохоренко Е.И., Болдышев А.В. 2019. Об использовании субполосного анализа и синтеза сигналов в области определения косинус-преобразования при решении задач сжатия речевых сигналов. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 46(4): 700–709. DOI: 10.18413/2411-3808-2019-46-4-700-709.
- Жилияков Е.Г., Туяков С.В. 2011. О вычислении собственных функций субполосного ядра. Вопросы радиоэлектроники. Сер. Электронная вычислительная техника (ЭВТ). 1: 25–34.
- Михайлов В.Г., Златоустова Л.В. 1987. Изменение параметров речи. Под. ред. М.А. Сапожникова. М.: Радио и связь, 168 с.: ил.
- Сорокин В.Н. 1985. Теория речеобразования. М.: Радио и связь, 312 с.: ил.
- Сергиенко А. 2011. Цифровая обработка сигналов 3-е изд. Санкт-Петербург.: БХВ-Петербург, 768 с. ISBN: 978-5-9775-0606-9.
- Zhilyakov E.G., Belov S.P., Chernomorets A.A., Trubitsyna D.I., Balabanova T.N. 2019. Subband analysis and synthesis of signals. Compusoft. 8(6): 3206–3211.
- Zhilyakov E.G., Belov S.P., Oleinik I.I., Babarinov S.L., Trubitsyna D.I. 2020. Generalized sub band analysis and signal synthesis. Bulletin of Electrical Engineering and Informatics. 9(3): 964–972. DOI: 10.11591/eei.v9i3.1709.

References

- Balabanova T.N., Trubitsyna D.I., Boldyshev A.V., Prohorenko E.I., Gajvoronskij V.A. 2022. Obrabotka rechevyh dannyh v ITS: Praktikum laboratornyj [Speech Data Processing in ITS: Laboratory Workshop]. Belgorod, Izd-vo NIU «BelGU», 62 p.
- Belov S.P., Belov A.S., Prokhorenko E.I., Balabanova T.N. 2022. Subband Identification of Word Fragments of Speech Signal Word Segments Precedent. Economics. Information technologies. 49(3): 589–596. DOI: 10.52575/2687-0932-2022-49-3-589-596.

- Belov S.P., Zhilyakov E.G., Koskin A.V., Trubitsyna D.I. Subpolous analysis and synthesis of signals within the framework of cosinus conversion. *Information Systems and Technologies*, 2019, 4(114), pp. 13–22.
- Boldyshev A.V., Medvedeva A.A., 2017. Parametric description of speech sounds in the recognition problem. *Belgorod State University. Scientific Bulletin. Series: Economics. Information technologies*. 23(272): 159–168.
- Gantmaher F.R. 2010. *Teoriya matric [Matrix Theory]*. Moscow, FIZMATLIT Publ, 560 p.
- Zhilyakov E.G. 2015. Optimal sub-band methods for analysis and synthesis of finite-duration signals. *Automation and Remote Control*, 4: 51–66.
- Zhilyakov E.G., Belov S.P., Oleinik I.I., Trubitsyna D.I. 2019. Generalized subband analysis and signal synthesis. *Information Technologies*. 17(2): 139–145. DOI: 10.18469/ikt.2019.17.2.01.
- Zhilyakov E.G., Belov S.P., Prokhorenko E.I. 2007. *Metody obrabotki rechevyh dannyh v informacionno-telekommunikacionnyh sistemah na osnove chastotnyh predstavlenij [Methods of Speech data Processing in Information and Telecommunication Systems Based on Frequency Representations]*. Belgorod, Izdatelstvo BelGU Publ., 136 p.
- Zhilyakov E.G., Trubitsyna D.I., Prokhorenko E.I., Boldyshev A.V. 2019. On the use of subband analysis and signal synthesis in the field of determining the cosine transform in solving problems of speech signal compression. *Belgorod State University. Scientific Bulletin. Series: Economics. Information technologies*. 46(4): 700–709. DOI: 10.18413/2411-3808-2019-46-4-700-709.
- Zhilyakov E.G., Tuyakov S.V. 2011. O vychislenii sobstvennyh funktsij subpolosnogo yadra [On Calculation of Eigenfunctions of Subband Kernel]. *Voprosy radioelektroniki. Ser. Elektronnyaya vychislitel'naya tekhnika (EVT)*. 1: 25–34.
- Mikhailov V.G., Zlatoustova L.V. 1987. *Izmenenie parametrov rechi [Changing speech parameters]*. Ed.by M.A. Sapozhnikova. Moscow, Radio i svyaz Publ., 168 p.
- Sergienko A. *Cifrovaya obrabotka signalov [Digital signal processing]*. Saint-Petersburg, BHV-Peterburg Publ., 2011, 768 p. ISBN: 978-5-9775-0606-9.
- Sorokin V.N. *Teoriya recheobrazovaniya [Theory of Speech Formation]*. Moscow, Radio i svyaz Publ., 1985, 312 p.
- Zhilyakov E.G., Belov S.P., Chernomorets A.A., Trubitsyna D.I., Balabanova T.N. 2019. Subband analysis and synthesis of signals. *Compusoft*. 8(6): 3206–3211.
- Zhilyakov E.G., Belov S.P., Oleinik I.I., Babarinov S.L., Trubitsyna D.I. 2020. Generalized sub band analysis and signal synthesis. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. 9(3): 964–972. DOI: 10.11591/eei.v9i3.1709.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 03.02.2024

Received February 03, 2024

Поступила после рецензирования 01.03.2024

Revised March 01, 2024

Принята к публикации 04.03.2024

Accepted March 04, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Болдышев Алексей Владимирович, кандидат технических наук, ведущий инженер Центра эксплуатации Белгородского филиала ПАО Ростелеком, Белгород, Россия

Aleksei V. Boldyshev, Candidate of Technical Sciences, Leading Engineer of the Operation Center of the Belgorod Branch of PJSC Rostelecom, Belgorod, Russia

Медведева Александра Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий института инженерных и цифровых технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия,

Aleksandra A. Medvedeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information and Telecommunication Systems and Technologies, Institute of Engineering and Digital Technologies of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Прохоренко Екатерина Ивановна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий института инженерных и цифровых технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

Ekaterina I. Prokhorenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information and Telecommunication Systems and Technologies, Institute of Engineering and Digital Technologies of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Гайворонская Диана Игоревна, кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий института инженерных и цифровых технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

Diana I. Gaivoronskaya, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information and Telecommunication Systems and Technologies, Institute of Engineering and Digital Technologies of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia