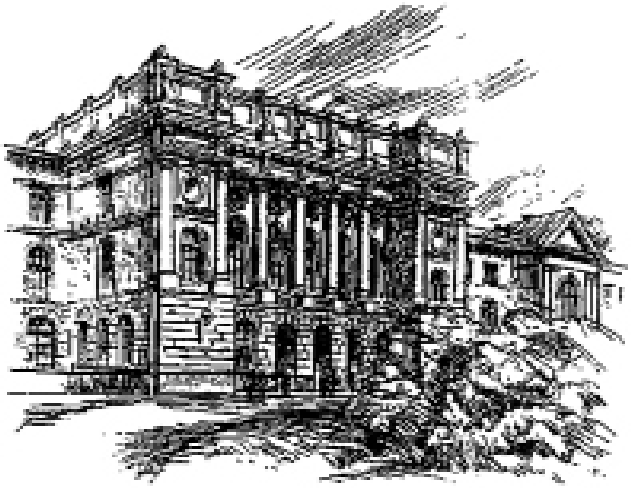
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ISSN 2782-6015

π-ECONOMY

Том 18, № 2, 2025

Санкт-Петербург
2025

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Акаев А.А., иностр. член РАН, д-р физ.-мат. наук, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия;
Квинт В.Л., иностр. член РАН, д-р экон. наук, профессор, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия;
Клейнер Г.Б., чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, профессор, Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия;
Окрепилов В.В., академик РАН, д-р экон. наук, профессор, Институт проблем региональной экономики РАН, Санкт-Петербург, Россия;
Смешко О.Г., д-р экон. наук, Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, Санкт-Петербург, Россия.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – Глухов В.В., д-р экон. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия;

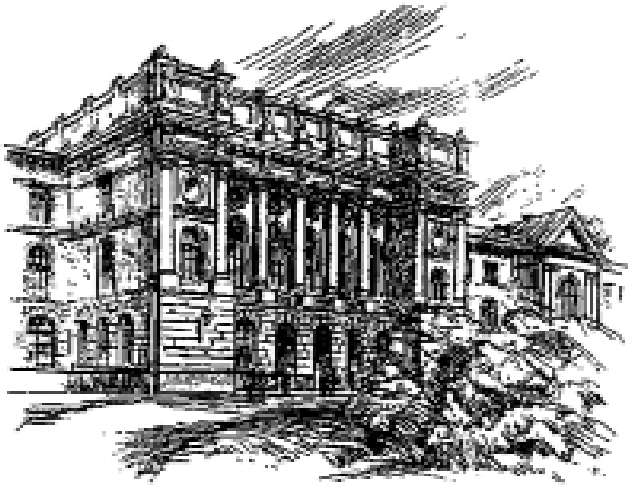
Заместитель главного редактора – Бабкин А.В., д-р экон. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия;

Адаменко А.А., д-р экон. наук, профессор, декан факультета «Финансы и кредит» Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия;
Аллаева Г.Ж., д-р экон. наук, доцент, заведующая кафедрой «Экономика и менеджмент промышленности» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан;
Басарева В.Г., д-р экон. наук, профессор, главный научный сотрудник, Сибирский Федеральный Научный Центр Агробиотехнологий РАН, Краснообск, Россия;
Булатова Н.Н., д-р экон. наук, профессор, Восточно-Сибирский гос. университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия;
Буркальцева Д.Д., д-р экон. наук, профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия;
Бухвальд Е.М., д-р экон. наук, профессор, Институт экономики РАН, Москва, Россия;
Васильева З.А., д-р экон. наук, профессор, директор Института управления бизнес-процессами, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия;
Вертакова Ю.В., д-р экон. наук, профессор, Курский филиал федерального государственного образовательного бюджетного учреждения высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Курск, Россия;
Гамидуллаева Л.А., д-р экон. наук, доцент, заведующая кафедрой «Менеджмент и государственное управление» Пензенского государственного университета, Пенза, Россия;
Журавлев Д.М., д-р экон. наук, директор НИИ Социальных систем Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия;
Ильина И.Е., д-р экон. наук, Российский научно-исследовательский институт экономики, политики и права в научно-технической сфере, Москва, Россия;
Качалов Р.М., д-р экон. наук, профессор, Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия;
Кирильчук С.П., д-р экон. наук, профессор, заведующая кафедрой «Экономика предприятия» Института экономики и управления Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия;
Корягин С.И., д-р техн. наук, профессор, Инженерно-технический институт Балтийского федерального университета им. И. Канта, Калининград, Россия;
Лычагин М.В., д-р экон. наук, профессор, Институт экономики и организации производства СО РАН, Новосибирск, Россия; Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия;
Малышев Е.А., д-р экон. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет / SMTU, Санкт-Петербург, Россия;
Мамраева Д.Г., канд. экон. наук, Карагандинский университет им. акад. Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;
Махмудова Г.Н., д-р экон. наук, Ташкентский государственный экономический университет, Ташкент, Узбекистан;
Мерзликина Г.С., д-р экон. наук, профессор, Волгоградский гос. технический университет, Волгоград, Россия;
Нехорошева Л.Н., д-р экон. наук, профессор, Белорусский гос. экономический университет, Минск, Республика Беларусь;
Очилов А.О., д-р экон. наук, профессор, Каршинский государственный университет, г. Карши, Узбекистан;
Писарева О.М., канд. экон. наук, Институт информационных систем, Государственный университет управления, Москва, Россия;
Плотников В.А., д-р экон. наук, профессор кафедры общей экономической теории и истории Санкт-Петербургского государственного экономического университета, Санкт-Петербург, Россия;
Пшеничников В.В., канд. экон. наук, доцент, Воронежский гос. аграрный университет им. Императора Петра I, Воронеж, Россия;
Тронина И.А., д-р экон. наук, доцент, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Орел, Россия;
Умаров А.Т., канд. экон. наук, декан, Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, г. Ташкент, Узбекистан;
Чупров С.В., д-р экон. наук, профессор, Байкальский гос. университет, Иркутск, Россия;
Шкарупета Е.В., зам. гл. ред., д-р экон. наук, профессор, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия;
Юдина Т.Н., д-р экон. наук, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

Сетевое издание публикует научные статьи и обзоры на русском и английском языках в области региональной и отраслевой экономики, управления экономическими системами, математических методов экономики.
С 2002 года входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, где публикуются основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.
Сетевое издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-52146 от 11 декабря 2012 г.
Сведения о публикациях представлены в Реферативном журнале ВИНИТИ РАН, в международной справочной системе «Ulrich`s Periodical Directory», в базах данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ), Google Scholar, EBSCO, ProQuest, ROAD, DOAJ.
Учредитель и издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация.
Редакция журнала
д-р экон. наук, профессор В.В. Глухов – председатель редколлегии; д-р экон. наук, профессор А.В. Бабкин – зам. председателя редколлегии; А.А. Родионова – секретарь редакции; А.А. Кононова – компьютерная вёрстка; И.Е. Лебедева – редактирование английского языка; Ф.К.С. Бастиан – редактор.
Адрес редакции: Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.
Телефон редакции: +7 (812) 552-62-16, e-mail редакции: economy@spbstu.ru
Дата выхода: 30.04.2025

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2025

THE MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION



ISSN 2782-6015

π-ECONOMY

Vol. 18, no. 2, 2025

Saint Petersburg
2025

π-ECONOMY

EDITORIAL COUNCIL

A.A. Akaev – foreign member of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sc. (phys.-math.), Lomonosov Moscow State University, Russia;
G.B. Kleiner – corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Central Economics and Mathemaytics Institute Russian Academy of Sciences, Russia;
V.L. Kvint – foreign member of the Russian Academy of Sciences (USA), Lomonosov Moscow State University, Russia;
V.V. Okrepilov – full member of the Russian Academy of Sciences, Institute for Problem Regional Economics RAS, Russia;
O.G. Smeshko – Dr.Sc. (econ.), St. Petersburg University of Management Technologies and Economics, Russia.

EDITORIAL BOARD

V.V. Gluhov – Dr.Sc. (econ.), prof., head of the editorial board, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russia;
A.V. Babkin – Dr.Sc. (econ.), prof., deputy head of the editorial board, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russia;
A.A. Adamenko – Dr.Sc. (econ.), prof., Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Russia;
G.J. Allaeva – Dr.Sc. (econ.), Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Uzbekistan;
V.G. Basareva – Dr.Sc. (econ.), prof., Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Russia;
E.M. Buhval'd – Dr.Sc. (econ.), prof., Institute of Economics Russian Academy of Sciences, Russia;
N.N. Bulatova – Dr.Sc. (econ.), prof., East-Siberian State University of Technology and Management, Russia;
D.D. Burkaltceva – Dr.Sc. (econ), V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Russia;
S.V. Chuprov – Dr.Sc. (econ.), prof., Baikal State University, Russia;
L.A. Gamidullaeva – Dr.Sc. (econ.), Penza State University, Russia;
I.E. Ilina – Dr.Sc. (econ.), Russian Research Institute of Economics, Politics and Law in Science and Technology, Russia;
R.M. Kachalov – Dr.Sc. (econ.), prof., Central Economics and Mathemaytics Institute Russian Academy of Sciences, Russia;
S.P. Kirilchuk – Dr.Sc. (econ.), prof., V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Russia;
S.I. Koryagin – Dr.Sc. (tech.), prof., Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia;
M.V. Lychagin – Dr.Sc. (econ.), prof., Novosibirsk State University, Russia;
G.N. Makhmudova – Dr.Sc. (econ.), Tashkent State University of Economics, Uzbekistan;
E.A. Malyshev – Dr.Sc. (econ.), prof., SMTU, Russia;
D.G. Mamraeva – Assoc. Prof. Dr., PhD, Karaganda University named after academician Y.A. Buketov, Kazakhstan;
G.S. Merzlikina – Dr.Sc. (econ.), prof., Volgograd State Technical University, Russia;
L.N. Nehorosheva – Dr.Sc. (econ.), prof., Belarus State Economic University, Republic of Belarus;
A.O. Ochilov – Dr.Sc. (econ.), prof., Karshi State University, Uzbekistan;
O.M. Pisareva – Assoc. Prof. Dr., State University of Management, Russia;
V.A. Plotnikov – Dr.Sc. (econ.), prof., St. Petersburg State University of Economics, Russia;
V.V. Pshenichnikov – Assoc. Prof. Dr., Voronezh State Agricultural University, Russia;
E.V. Shkarupeta – Dr.Sc. (econ.), prof., Voronezh State Technical University, Russia;
I.A. Tronina – Dr.Sc. (econ.), Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orel State University named after I.S., Russia;
A.T. Umarov – Assoc. Prof. Dr., National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Uzbekistan;
Z.A. Vasilyeva – Dr.Sc. (econ.), prof., Siberian Federal University, Russia;
U.V. Vertakova – Dr.Sc. (econ.), prof., Financial University under the Government of the Russian Federation, Russia;
T.N. Yudina – Dr.Sc. (econ.), Lomonosov Moscow State University, Russia;
D.M. Zhuravlev – Dr.Sc. (econ.), Lomonosov Moscow State University, Russia.

The online journal publishes research papers and reviews in Russian and English on regional and industrial economics, management of economic systems, mathematical methods in economics.
The journal is included in the List of Leading Peer-Reviewed Scientific Journals and other editions to publish major findings of PhD theses for the research degrees of Doctor of Sciences and Candidate of Sciences.
The publications are presented in the VINITI RAS Abstract Journal and Ulrich's Periodical Directory International Database, EBSCO, ProQuest, Google Scholar, ROAD, DOAJ.
The journal is registered with the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications (ROSKOMNADZOR). Certificate ПИ № ФС77-52146 issued December 11, 2012.

Editorial office
Dr.Sc., Professor V.V. Gluhov – Head of the editorial board; Dr.Sc., Professor A.V. Babkin – Deputy head of the editorial board; A.A. Rodionova – editorial manager; A.A. Kononova – computer layout; I.E. Lebedeva – English translation; Ph.Ch.S. Bastian – editor.

Address: 195251 Polytekhnicheskaya Str. 29, St. Petersburg, Russia.

+7 (812) 552-62-16, e-mail: economy@spbstu.ru

Release date: 30.04.2025

© Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2025

Содержание

Цифровая экономика: теория и практика

Ли Жун. Измерение и сравнение развития цифровой экономики стран-членов ШОС..... 7

Мельников А.С., Калабина Е.Г. Анализ распространения цифровых инструментов в деятельности российских предприятий..... 30

Региональная и отраслевая экономика

Разманова С.В., Омышева Т.Н., Чернова Е.Г. Российский рынок инжиниринговых услуг в нефтегазовой отрасли: сущность и современное состояние..... 49

Афанасьев К.В., Калинин А.Р. Инструментарий прогнозирования экономического роста регионов с использованием технологий больших данных и бизнес-аналитики..... 73

Яненко М.Б., Яненко М.Е. Трансформационные изменения в экономике в контексте развития цифровых бизнес-моделей: факторы влияния, проблемы, перспективы..... 87

Кучумов А.В., Еремичева П.Ю. Особенности формирования индустриальной кластерной политики в развивающихся странах Азии..... 100

Экономика и менеджмент предприятий и комплексов

Глухов В.В., Коломысова М.В. Методика оценки индекса деловой активности предприятия на основе анализа предпринимательской среды..... 121

Баушев С.В., Бабкин А.В., Волокитина И.Н., Галеев Э.Е. Формирование интегрированных корпоративных структур в оборонно-промышленном комплексе России в условиях глобальных вызовов..... 134

Татаровский Ю.А. Формирование риск-ориентированной системы показателей мониторинга деятельности системообразующих предприятий..... 150

Экономико-математические методы и модели

Саранин З.А., Схведиани А.Е. Эконометрическое моделирование факторов развития стран организации экспортеров нефти..... 164

Шканов Б.А. Комплексный подход к оптимизации инвестиционного портфеля на основе современных методов математического моделирования..... 179

Contents

Digital economy: theory and practice

Li Rong. Measuring and comparing the development of the digital economy of the SCO member states..... 7

Melnikov A.S., Kalabina E.G. Analysis of the distribution of digital tools in the activities of russian enterprises..... 30

Regional and branch economy

Razmanova S.V., Omysheva T.N., Chernova E.G. Russian market of engineering services in oil and gas industry: fundamentals and state of the art..... 49

Afanasev K.V., Kalinin A.R. Tools for forecasting regional economic growth using big data and business intelligence technologies..... 73

Ianenko M.B., Ianenko M.E. Transformational changes in the economy in the context of the development of digital business models: influence factors, problems, prospects..... 87

Kuchumov A.V., Eremicheva P.Yu. Features of formation of industrial cluster policy in developing countries of Asia..... 100

Economy and management of enterprise and complexes

Glukhov V.V., Kolomysova M.V. Methodology for assessing the business activity index of an enterprise based on the analysis of the business environment..... 121

Baushev S.V., Babkin A.V., Volokitina I.N., Galeev E.E. Formation of integrated corporate structures in the defense-industrial complex of Russia in the conditions of global challenges..... 134

Tatarovsky Yu.A. Formation of a risk-based monitoring indicators system for the activities of backbone enterprises..... 150

Economic & mathematical methods and models

Saranin Z.A., Skhvediani A.E. Econometric modelling of oil export countries development..... 164

Shkanov B.A. A comprehensive approach to portfolio optimization based on modern mathematical modeling methods..... 179

π-Economy. 2025, Vol. 18, No. 2. Pp. 7–29.
π-Economy. 2025, Том 18, № 1. С. 7–29.

Digital economy: theory and practice
Цифровая экономика: теория и практика

Research article
UDC 339.9
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18201
EDN: https://elibrary/HXZREG

MEASURING AND COMPARING THE DEVELOPMENT OF THE DIGITAL ECONOMY OF THE SCO MEMBER STATES

Rong Li ✉

Belarusian State University, Minsk, Belarus

✉ econ.lirong@qq.com

Abstract. With the implementation and further development of the Digital Silk Road initiative, the countries along the route have gradually formed common interests in the field of digital economy. The active development of the digital economy within the framework of the implementation of the Belt and Road initiative in these countries contributes to their socio-economic development, increasing the level of trade and openness, accelerating the growth of the green economy and forming a new development model both at the domestic and international levels. Most of the countries participating in the Belt and Road initiative and the Eurasian Economic Union (EAEU) are members or observers of the Shanghai Cooperation Organization (SCO). Economic ties between these countries are constantly strengthening, and the SCO has become an important regional economic and strategic platform. Since 2015, when the SCO began to develop cooperation in the field of digital economy, there has been insufficient research on the development of the digital economy and cooperation between China and the SCO member states. This article analyzes the current situation and development problems of the SCO member states from the perspective of the digital economy. By comparing the existing digital economy development index systems, a digital economy development index system for the SCO was developed, including six dimensions: digital infrastructure; digital connectivity; digital industry development; digital innovation competitiveness; digital economic environment; digital governance. The entropy method was used to measure the degree of digital economy development of China and the SCO member states, as well as the level of cooperation between them. The digital economy development indices of China and the SCO member states for the period from 2005 to 2022, as well as bilateral digital economy cooperation indices, were measured and compared. The comparative analysis shows that the SCO member countries have made rapid progress in the development of digital infrastructure, digital applications, digital development and digital innovation competitiveness. However, the level of digitalization has not grown so fast. China has an absolute advantage in the digital economy, but its development pace has slowed down at present. The level and speed of digital economy development of Russia, Belarus and India are above average, while the level of digital economy development of Uzbekistan and Pakistan is relatively low. In recent years, the digital development of the SCO member countries has grown rapidly, and economic and trade cooperation has become closely related to digital cooperation. In the future, the SCO member countries are expected to further strengthen cooperation in the digital economy, especially in building digital infrastructure, empowering digital innovation, promoting digital trade, cross-border e-commerce, digital finance, etc., as well as in digital security and privacy protection, helping to solve the problem of "digital inequality" and digital economic governance. All this is expected to further promote economic prosperity and sustainable development of the SCO member countries.

Keywords: digital economy, digital inequality, digital economic development, entropy method, SCO

Citation: Li Rong. (2025) Measuring and comparing the development of the digital economy of the SCO member states. π-Economy, 18 (2), 7–29. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18201

© Li Rong, 2025. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Научная статья
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18201

ИЗМЕРЕНИЕ И СРАВНЕНИЕ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ СТРАН-ЧЛЕНОВ ШОС

Жун Ли ✉

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

✉ econ.lirong@qq.com

Аннотация. Благодаря реализации и дальнейшему развитию инициативы «Цифровой Шелковый путь» страны, расположенные вдоль Шелкового пути, постепенно сформировали общие интересы в области цифровой экономики. Активное развитие цифровой экономики в рамках реализации инициативы «Один пояс – один путь» в данных странах способствует их социально-экономическому развитию, повышению уровня торговли и открытости, ускорению роста зеленой экономики и формированию новой модели развития как на внутреннем, так и на международном уровне. Большинство стран-участниц инициативы «Один пояс – один путь» и Евразийского экономического союза (ЕАЭС) являются членами или наблюдателями Шанхайской организации сотрудничества (ШОС). Экономические связи между данными странами постоянно укрепляются, и ШОС стала важной региональной экономической и стратегической платформой. С 2015 года, когда ШОС начала развивать сотрудничество в области цифровой экономики, проведено недостаточно исследований по развитию цифровой экономики и сотрудничеству между Китаем и государствами-членами ШОС. В настоящей статье анализируется текущая ситуация и проблемы развития стран-членов ШОС с точки зрения цифровой экономики. Сравнивая существующие системы индексов развития цифровой экономики, была разработана система индексов для ШОС, включающая шесть измерений: цифровая инфраструктура; цифровая связность; развитие цифровой промышленности; конкурентоспособность цифровых инноваций; цифровая экономическая среда; цифровое управление. Метод энтропии используется для измерения степени развития цифровой экономики Китая и стран ШОС, а также уровня сотрудничества между ними. Были измерены и сопоставлены индексы развития цифровой экономики Китая и государств-членов ШОС за период с 2005 по 2022 год, а также двусторонние индексы сотрудничества в области цифровой экономики. Сравнительный анализ показывает, что страны-члены ШОС добились быстрого прогресса в развитии цифровой инфраструктуры, цифровых приложений, цифрового развития и конкурентоспособности цифровых инноваций. Однако уровень цифровизации рос не так быстро. У Китая есть абсолютное преимущество в цифровой экономике, но в настоящее время темпы ее развития замедлились. Уровень и скорость развития цифровой экономики России, Беларуси и Индии находятся на уровне выше среднего, в то время как уровень развития цифровой экономики Узбекистана и Пакистана относительно низок. В последние годы цифровое развитие стран-членов ШОС быстро росло, и экономическое и торговое сотрудничество стало тесно связано с цифровым сотрудничеством. Ожидается, что в будущем страны-члены ШОС еще больше укрепят сотрудничество в области цифровой экономики, особенно в сфере формирования цифровой инфраструктуры, расширения возможностей инноваций в области цифровых технологий, содействия развитию цифровой торговли, трансграничной электронной коммерции, цифровых финансов и т.д., а также в области цифровой безопасности и защиты конфиденциальности, содействия решению проблемы «цифрового неравенства» и цифрового экономического управления. Все это, как ожидается, будет способствовать дальнейшему экономическому процветанию и устойчивому развитию стран-членов ШОС.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровое неравенство, цифровое экономическое развитие, метод энтропии, ШОС

Для цитирования: Ли Жун. (2025) Измерение и сравнение развития цифровой экономики стран-членов ШОС. π-Economy, 18 (2), 7–29. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18201

Introduction

While continuing to play the role of an important security cooperation organization in Eurasia, the Shanghai Cooperation Organization (SCO) also continues to deepen its economic and trade cooperation.

© Ли Жун, 2025. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Most of the countries participating in the Belt and Road Initiative (BRI) and the Eurasian Economic Union (EAEU) are members or observers of the SCO. Since BRI's inception, China has signed over 200 cooperation agreements with 149 countries and 32 international organizations. Trade between China and BRI partner countries reached 1.8 trillion dollars in 2021, reflecting year-on-year increase of 32.4%, exceeding 50% of China's total foreign trade for the first time[1]. This deepening synergy positions the SCO as a strategic regional platform for economic integration, particularly in promoting the Digital Silk Road, a cornerstone of BRI-SCO cooperation aimed at developing digital economy partnerships. In [1] the alignment between BRI infrastructure investments and the developmental needs of participating countries is noted, emphasizing its potential to stimulate regional economic growth and contribute to the economic development of countries along the route. In [2] this impact was further assessed through an extended gravity model, revealing that a 1% increase in investment facilitation levels within BRI host countries correlates with a 2.173% increase in China's foreign direct investment (FDI). The findings highlight the role of digital economy integration in enhancing economic productivity and promoting sustainable low-carbon development through collaborative innovation. In [3] these trends were confirmed using international trade data, attributing BRI's economic momentum to China's post-WTO (World Trade Organization) industrial transformation and trade expansion.

The development of the digital economy has contributed to the revitalization of global economic development and brought vital benefits to the people of the SCO member states. Infrastructure differences lead to different levels of digital economy development and spread of digital economy among the SCO member states. However, the SCO faces challenges in harmonizing digital economy development across member states. Differences in the information and communications technology infrastructure, legal framework and innovation potential have led to stratified growth models, with advanced economies (e.g. China, Russia) outperforming members from Central Asia [4]. Under the influence of the new situation, China has shifted from the traditional economic model to the digital one, from traditional services to modern ones, from production factors to innovation ones, and from high-carbon foreign trade to low-carbon one, optimizing and accelerating the transformation of China's dynamic economic development model [5, 6]. In [7] significant ICT trade deficit and pronounced structural technological dependence among post-Soviet member states within the framework of the SCO was revealed. The authors argue that the digital economy presents a critical pathway to overcoming entrenched economic inefficiencies and advocate policy measures based on three pillars:

- Technological Sovereignty Reinforcement (prioritizing the development of domestic ICT production and digital infrastructure);
- SCO-Driven Regional Collaborative Innovation (standardized technological protocols and cross-border digital ecosystems);
- Building Endogenous Capacity.

This analysis is consistent with the "premature deindustrialization" paradigm [8], emphasizing the necessity of knowledge network recalibration alongside import-substitution industrial policies in transitional digital economies. In [9], a panel data regression model was used to analyze the impacts of ICT, education level, and openness on GDP growth in 21 SCO member countries over a 20-year period. The objective of the analysis is to quantitatively and qualitatively assess the impact of selected exogenous factors on economic growth of the SCO countries. The proposed trade—digitalization—education model serves as a key path to overcome the middle income trap, while emphasizing the necessity to align regional cooperation within the SCO with individual national capacity building strategies. The study findings highlight the importance of narrowing the digital divide among member states through coordinated efforts in educational development, technological innovation, and trade liberalization. In [10], based on the analysis of how the Indian government regulates digital platforms, it is believed that as the

[1] Xinhua News Agency (2025) China foreign trade scale will reach a new high [online] Available at: https://www.yidaiyilu.gov.cn/p/04ND-C9JS.html [Accessed 15.01.2025]

digital economy expands, changes in consumer protection and competition legislation continue to intensify. The adoption of the Digital Competition Bill has become a good example for India of deepening international cooperation in platform regulation within the BRICS and the SCO. Russian scholars in [11–13] have found that the SCO has accelerated its transformation from a security mechanism to an economic integration platform, and proposed infrastructure interconnection, industrial complementarity, and institutional coordination. They reveal the logic of SCO economic integration from the perspectives of "trade flow" and "institutional network", respectively.

This article quantitatively analyzes the challenges faced by the digital economy of the SCO countries and explores strategic countermeasures to promote high-quality development in order to enhance the growth potential and development prospects of the region. This study focuses on the heterogeneous development of the digital economy among the SCO member states. By constructing a multidimensional evaluation index system, it aims to achieve three main objectives:

1. Quantitative Assessment involves developing a comprehensive model covering six dimensions (digital infrastructure, industrial application, innovation ecosystems etc.) to reveal spatiotemporal patterns of digital economy development in the SCO member states from 2005 to 2022;
2. Bottleneck Identification involves diagnosing critical barriers to digital transformation in lagging countries (e.g., low ICT export dependency, insufficient venture capital availability in Central Asia);
3. Policy Design proposes multi-level cooperation strategies to narrow regional digital divides and advance the SCO Agenda 2030 on Digital Economy Cooperation.

Building on previous research, this study, first, introduces an innovative indicator system. Integrating the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) digital governance framework with BRI-specific indicators creates an evaluation model tailored to emerging economies. This addresses the underrepresentation of institutional contexts in existing indices [15]. Second, in terms of methodological improvement, this research employs dynamic entropy weighting to capture time shifts in indicator importance, revealing that "digital connectivity" replaced 'traditional infrastructure" as the main driver after 2015. This overcomes limitations of static models, proposed in [16]. Next, from the perspective of policy relevance, a "three-layer coordination framework" based on cluster analysis is proposed, enabling SCO member states to adopt customized "technology–industry–institution" strategies. This extends "premature deindustrialization" theory, proposed in [8], to the digital era and advocates the establishment of a regional digital public goods mechanism.

Construction of evaluation indicators for the digital economy development level of the SCO member countries

In the context of globalization and the development of information technology, the digital economy is increasingly regarded as an important indicator for assessing national competitiveness. Governments, international organizations and academia around the world have different definitions of the digital economy [14, 15]. The rapid development and deep integration of the digital economy with various industries after the pandemic have made it impossible to fully measure the value added by digital and digitally enhanced products and activities in the digital economy with data resources as the key activity factor [16, 17]. The pronounced cross-departmental, cross-industry, and cross-regional constraints have become limiting factors in assessing the development level of the digital economy. The OECD, the EU, the World Economic Forum (WEF), the International Telecommunication Union (ITU), and other international organizations have also released index systems for digital economy-related indicators based on the current development of the digital economy.

Index system for digital economy-related indicators for the international community

OECD digital economy indicators

The OECD, a well-known international economic organization, conducts research in the field of digital economy, aimed at the long-term perspective. The organization provides annual reports on these

studies. In the 2014 report [18], a comparative approach is mainly used for measurement of the digital economy, and the digital economy indicator system covers 38 indicators with international comparability (Table 1). Although it is unable to keep up with new and rapidly developing technologies and their use by individuals and companies. It also does not compare and does not evaluate the development of the digital economy in countries of the world. Nevertheless, it provides a detailed list of key areas of the digital economy. "A forward-looking international measurement agenda should be built around six areas:

- Improve the measurement of ICT investment and its link to macroeconomic performance;
- Define and measure skill needs for the digital economy;
- Develop metrics to monitor issues of security, privacy and consumer protection;
- Promote the measurement of ICT for social goals and the impact of the digital economy on society;
- Invest in a comprehensive, high-quality data infrastructure for measuring impacts;
- Build a statistical quality framework suited to exploiting the Internet as a data source" [18].

Table 1. OECD digital economy indicators (based on [18])

Primary indicators	Secondary indicators
Investing in smart infrastructure	1. Broadband penetration 2. Mobile data communication 3. The growth of the Internet 4. Toward higher speed 5. Prices for connectivity 6. ICT devices and applications 7. E-commerce across borders 8. Security 9. Perceiving security and privacy threats 10. Improving the evidence base for online security and privacy
Empowering society	1. Internet users 2. Online activities 3. User sophistication 4. Digital natives 5. Children online 6. ICTs in education 7. ICT skills in the workplace 8. E-consumers 9. Content without borders 10. E-government use 11. ICT and health
Unleashing innovation	1. ICT and R&D 2. Innovation in ICT industries 3. E-business 4. Unleashing the potential of micro-data 5. ICT patents 6. ICT designs 7. ICT trademarks 8. Knowledge diffusion
Delivering growth and jobs	1. ICT investment 2. ICT business dynamics 3. ICT value added 4. Labor productivity in information industries 5. Measuring quality in communication services 6. E-commerce 7. Human capital in ICT 8. ICT jobs and jobs in the ICT sector 9. Trade competitiveness and GVCs

EU Digital Economy and Society Index (*DESI*)

The European Commission has been monitoring Member States' digital progress through the Digital Economy and Society Index (DESI) reports since 2014 [19]. The DESI summarizes indicators of Europe's digital performance. Each year, the reports include country profiles helping Member States identify areas for priority action and thematic chapters providing an EU-level analysis in the key digital policy areas. The DESI 2022 report presents the state of the digital economy and society in the year of the pandemic, based on 2021data. It reflects two key policy initiatives that will affect the EU's digital transformation in the coming years: the Recovery and Resilience Facility (RRF) and the "Path to the Digital Decade". The DESI is a synthetic index of the degree of digital economy development in EU countries, which consists of four dimensions:

1. Human capital
2. Connectivity
3. Integration of digital technology
4. Digital public services

Table 2. EU DESI [19]

Dimension	Sub-dimension	Indicator
Human capital	Internet user skills	At least basic digital skills
		Above basic digital skills
		At least basic digital content creation skills
	Advanced skills and development	ICT specialists
		Female ICT specialists
		Enterprises providing ICT training
		ICT graduates
Connectivity	Fixed broadband take-up	Overall fixed broadband take-up
		At least 100 Mbps fixed broadband take-up
		At least 1 Gbps take-up
	Fixed broadband coverage	Fast broadband (NGA) coverage
		Fixed Very High Capacity Network (VHCN) coverage
	Mobile broadband	5G spectrum
		5G coverage
		Mobile broadband take-up
	Broadband prices	Broadband price index
Integration of digital technology	Digital intensity	SMEs with at least a basic level of digital intensity
	Digital technologies for businesses	Electronic information sharing
		Social media
		Big data
		Cloud
		AI
		ICT for environmental sustainability
		e-Invoices
	e-Commerce	SMEs selling online
		e-Commerce turnover
		Selling online cross-border

End of Table 2

Dimension	Sub-dimension	Indicator
Digital public services	e-Government	e-Government users
		Pre-filled forms
		Digital public services for citizens
		Digital public services for businesses
		Open data

WEF Network Readiness Index (*NRI*)

The WEF has published the Network Readiness Index (NRI) since 2002, focusing on the ranks, key experiences and practices of the leading countries and regions in the field of information technology. The latest edition of the NRI report was released in 2024 [20]. The WEF believes that Digital Public-Private Partnerships (DPPPs) are the key drivers of transformation, enabling governments to work with technology companies to create digital infrastructure and modernize public services. Compared with other indices, NRI focuses on the field of information technology, and informatization capability is a precondition for the development of the digital economy, so the indicators selected in the field of informatization, economic impact and other primary and secondary indicators are very concise and scientific (Table 3).

Table 3. WEF NRI [20]

Primary indicators	Secondary indicators
Technology	Access Content Future Technologies
People	Individuals Businesses Governments
Governance	Trust Regulation Inclusion
Impact	Economy Quality of Life SDG Contribution

UN ITU ICT Development Index (*IDI*)

From 2009 to 2017, the United Nations ITU published the ICT Development Index (IDI) annually, and in 2024, after extensive research, the ITU developed a new composite index [21]. By shifting the focus to the premise of the actual impact of digital technologies, the IDI assesses the contribution of digital technologies are to the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs).The IDI contains 11 indicators, divided into three groups: access, use and skills, – comparing different countries over time. Although the IDI measures indicators that are less significant from an economic point of view, it measures indicators related to ICT. The IDI has a comprehensive measurement of infrastructure development, industrial application, and human capital situation in the field, which is of great empirical importance for measuring the industry positioning, indicator selection, and even reference value establishment in the measurement of the digital economy in terms of information technology (Table 4).

Table 4. ITU IDI

Primary indicators	Secondary indicators
ICT access	Households with a computer (%) Households with Internet access (%) International Internet bandwidth (bit/s) per Internet user Population covered by 3G mobile networks Fixed-broadband subscriptions by speed tiers
ICT use	Individuals using the Internet (%) Active mobile-broadband subscriptions (per 100 inhabitants) Mobile-broadband Internet traffic (per mobile-broadband subscription) Fixed-broadband Internet traffic (per fixed-broadband subscription) Mobile phone ownership (%)
ICT skills	Mean years of schooling Secondary gross enrollment ratio (%) Tertiary gross enrollment ratio (%) Individuals with ICT skills (%)

China Academy of Information and Communication Technology Digital Economy Index (*DEI*)

The China Academy of Information and Communication Technology (CAICT) adopted the direct method from the "2017 China Digital Economy Development White Paper"[2] to evaluate the overall size of China's digital economy and proposed the Digital Economy Index (DEI), which uses comparative analysis to observe the development of the national digital economy. The significant difference between DEI and other indices of the same type is that it is a boom index, which includes three categories:

1) leading index,
2) consistent index,
3) lagging index.

It can reflect the state of the economic boom in different periods by comparing with the base period. The advantage of this index is that it fully considers the basic conditions necessary for the development of the digital economy, digital industrialization, industrial digitization and the impact of the digital economy on the macroeconomy and society. It selects many indicators specific to China and characteristics of the times, making it relatively large and comprehensive index. However, it should be noted that while certain indicators precisely capture prevailing industry trends, their suitability as sustainable monitoring components requires further validation.

Scholars from various countries are interested in the digital economy of the Silk Road, and their articles mainly assess the development level of the digital economy in the BRI-countries by constructing a system of various indicators [22–25]. In addition, studies are also conducted on the reasons why the level of digital economy development in the BRI-countries is so different [26, 27]. Compared with previous studies, this paper attempts to quantitatively analyze the characteristics of digital economy development in the SCO member countries by constructing a system of assessment indicators for the level of digital economy development. Based on the basic concept of digital economy proposed by the G20, the necessary conditions for the development of digital economy and the availability of data in the countries along the Belt and Road, indicators are selected based on the indicators related to the digital economy of international public organizations and the indicators selected in [28]. A comparison of the level of digital economy development in the SCO member countries is carried out using a system of assessment indices and a cluster analysis method. An analysis of the level of digital economy development in the SCO member countries is also carried out. Finally, the article analyzes the reasons for the differences

[2] 中国互联网经济白皮书：解读中国互联网特色 [online] https://www.zhiyanbao.cn/index/partFile/1/aliresearch/2022-02/1_38098.pdf [Accessed 25.03.2025]

in the level of digital economy development in the SCO member countries in order to create a basis for decision-making to accelerate the development of the digital economy in the SCO member countries.

Table 5. Digital economy assessment indicators of different organizations

Indicator Dimension	Indicator Name	OECD Indicator	EU Indicator (DESI)	WEF Indicator (NRI)	ITU Indicator (IDI)
Human Capital	Internet User Skills	○	○	–	–
	Advanced Skills & Development	○	○	–	Mean years of schooling
Connectivity	Fixed Broadband Usage	○	○	Infrastructure	Households with a computer
	Mobile Broadband	○	○	–	Population covered by 3G mobile networks
	Broadband Prices	○	–	–	–
Digital Technology Integration	Digital Technology in Enterprises	○	○	–	–
	e-Commerce	○	SMEs selling online	–	–
Digital Public Services	e-Government	–	○	–	–
Impact	Economic Impact	–	–	○	–
	Social Impact	–	–	○	–

Materials and methods

Development of SCO member States from the perspective of the digital economy

China, together with Egypt, Laos, Saudi Arabia, Serbia, Thailand, Turkey, the United Arab Emirates and other countries, launched the BRI, and signed cooperation documents with 16 countries to strengthen the construction of the Digital Silk Road. The latter has integrated the digital economy into the development of 65 countries along the Belt and Road, and has become an important part of the BRI. Accelerating the development of the digital economy and promoting the digital development of industry has become the consensus of countries along the route. At the same time, it is also necessary to ensure the foundation and prerequisites for digital industrialization, so that the two can complement each other and coordinate with each other to help the construction of digital economy. However, judging from the actual situation of the digital economy development in some countries along the Belt and Road, there are many problems and challenges in the digital trade between these and other developing countries, and the Digital Silk Road is a way to narrow the digital gap.

The SCO cooperation in the field of digital economy is an important part of the Digital Silk Road that the SCO is building together with the countries along the Belt and Road. In the context of the digital economy driving industrial change, accelerating the development of the digital economy and promoting the development of new digital productivity has huge dividends for SCO member states. In order to develop SCO cooperation in the field of digital economy, in 2017, at the regular summit, the SCO member states agreed that innovation and the digital economy are key factors for medium- and long-term economic growth and sustainable global development, and that the development of the digital economy as a way to achieve medium- and long-term economic growth of the country. At the SCO summit in Bishkek in 2019 the Concept of Cooperation of the SCO Member States in the Field of Digitization

and ICT was approved. As a practical extension of the "Cooperation Concept", the author follows the three core principles of comprehensiveness, scientificity and pertinence and systematically constructs a digital economy development assessment framework. This framework deconstructs the key driving factors of the digital economy (digital infrastructure, digital governance capabilities, etc.) and establishes a multi-dimensional indicator system to achieve dynamic monitoring and benchmarking analysis of the digital economy development process of member states.

Method for measuring and evaluating the digital economy development in the SCO member countries

Data source

This article focuses on measuring and assessing the digital economy development in ten SCO member countries. Based on the actual conditions of each country, this article conducts a comparative study of existing development indicators. Combining the principles of accessibility and comprehensiveness, a system of indicator for the digital economy development index of the SCO member countries is constructed, followed by a quantitative analysis and analysis of the results.

The Digital Economy Development Index for the SCO member countries includes six primary and 18 secondary indicators (Table 6).

Table 6. Digital Economy Development Index for the SCO member countries

Primary indicators	No.	Secondary indicators	Indicator attribute
Digital infrastructure	V1	Fixed telephone subscriptions (per 100 people)	Positive
	V2	Mobile cellular subscriptions (per 100 people)	Positive
	V3	Secure Internet servers (per 1 million people)	Positive
	V4	Access to electricity (% of urban population)	Positive
Digital connectivity	V5	Fixed broadband subscriptions (per 100 people)	Positive
	V6	Mobile broadband subscriptions (per 100 inhabitants)	Positive
	V7	Individuals using the Internet (% of population)	Positive
Digital industry development	V8	High-technology exports (% of manufactured exports)	Positive
	V9	ICT goods exports (% of total goods exports)	Positive
	V10	ICT service exports (% of service exports, BoP)	Positive
Digital innovation competitiveness	V11	Tertiary gross enrollment ratio (%)	Positive
	V12	Availability of latest technologies (1–7)	Positive
	V13	Venture capital availability(1–7)	Positive
	V14	Scientific and technical journal articles	Positive
Digital economic environment	V15	Foreign direct investment, net inflows (% of GDP)	Positive
	V16	Charges for the use of intellectual property (BoP, $)	Positive
Digital governance	V17	Government effectiveness: estimate (ranging from approximately –2.5 to 2.5)	Positive
	V18	Cost of business start-up procedures (% of GNI per capita)	Positive

The first two secondary indicators of Digital Infrastructure reflect the prevalence and convenience of communication technologies, while the latter two are crucial for ensuring the sustainable development and securing operation of the digital economy.

The first two secondary indicators of Digital Connectivity are key indicators of the degree of connectivity. Fixed broadband is typically used to connect to the Internet at home or work, and its penetration indicates the stability and speed of Internet access. In contrast, mobile broadband is more flexible and is suitable for mobile devices and for accessing the Internet on the move. The penetration of these indicators directly affects the availability and efficiency of online services, telecommuting, education, and

innovative applications in the digital economy. The last indicator measures the extent of Internet use, reflecting the level of penetration and coverage in a country or region. High levels of Internet use imply greater access to information, education, and business services, which positively affects various aspects of the digital economy, including e-commerce, online entertainment, and educational resources. Assessing these indicators helps to understand the extent of digital adoption in a country or region and to identify the penetration and influence of the digital economy across different industries and social levels.

The first secondary indicator of Digital Industry Development includes the share in international trade of innovative high-tech and products with high added value, including those in the ICT sector. This indicator reflects the international competitiveness of a country or region in technological innovation, R&D investment and technology application. ICT products include electronic devices, communication equipment, computers and components. Their export share indicates the production capacity and market share of a region in the ICT industry. ICT services include software development, data processing, and IT consulting. Their export share reflects the advantages and international competitiveness of a country or region in service production within the digital economy. Therefore, the Digital Industry Development indicator comprehensively reflects the innovation, production potential and international competitiveness of a country or region in digital economy development, helping to assess the contribution of digital transformation to the overall economic structure and social welfare.

The first secondary indicator of Digital Innovation Competitiveness reflects the degree of accessibility of higher education. Higher accessibility of higher education helps cultivate highly skilled personnel, promote technological innovation and improve digital literacy, thus providing fundamental support for digital economy development. Evaluating this indicator helps to understand the talent pool situation in a country or region. The second secondary indicator measures a country or region's readiness for R&D in new technologies (such as artificial intelligence, block-chain, and the Internet of Things), covering the development, application, and commercialization of new technologies, reflecting the advanced level of digital innovation. The third indicator assesses the level of venture capital support in the digital economy, reflecting the supply of risk capital in a country or region's entrepreneurial and innovation ecosystem, which directly affects the development of innovative enterprises and the innovation potential of the digital economy. The fourth secondary indicator serves as an important indicator of the level of research and innovation potential, reflecting the active contribution to the fields of mathematics and computer science in a country or region. The Digital Innovation Competitiveness indicator covers technological innovation, research potential and education levels, and entrepreneurial environment, comprehensively reflecting a country or region's innovation and competitiveness in the digital economy.

The first secondary indicator of Digital Economy Environment includes aspects such as capital inflow, industrial structure upgrading, internationalization level, policy environment and business climate, evaluating a country or region's development environment in terms of technology, innovation, and market competitiveness in the process of digital economy development. Foreign investment often brings advanced technology and management experience, promoting innovation and development in the domestic digital economy and facilitating economic activities. The second secondary indicator represents the level of intellectual property protection in a country or region. The amount of intellectual property fees reflects the country's commitment to intellectual property rights protection. A favorable protection environment is conducive to the reasonable use and transaction of intellectual property. The amount of intellectual property fees indicates the degree of innovation, technology transfer and cooperation, playing a decisive role in promoting innovation and technology application in the digital economy. Evaluating the amount of intellectual property fees helps determine how much attention a country or region pays to intellectual property rights. High fees indicate investment in talent cultivation and education, providing protection and incentives for innovators. These two secondary indicators provide a representative assessment of the policy environment for digital economy development in a country or region.

The first secondary indicator of Digital Governance represents people's views on the quality of public services, the quality of policy formulation and implementation, and the credibility of the government's commitment to such policies. In essence, they transform the subjective judgments of social groups on government behavior, such as trust and satisfaction, into objective indicators that can be quantified and compared through measurement models. Cross-analyzing government effectiveness indicators in digital economy assessments can identify key constraints and transform abstract governance capabilities into quantifiable, comparable, and traceable policy tools.

The second secondary indicator of Digital Governance includes aspects such as the ease of starting a business, obtaining work permits, and cross-border trade, allowing to assess the degree to which a country or region facilitates commercial activities. A high level of the ease of doing business indicates a more friendly and efficient business environment, which is conducive to innovation and economic activity.

Two secondary indicators (Digital Economy Environment and Digital Governance) provide a representative assessment of the governance system and policy environment in the context of digital economy development in a country or region.

In general, the construction of these six indicators will allow a comprehensive assessment of the current state and potential of the digital economy of a country or region, providing a comprehensive system of indicators for government strategic planning and corporate investment decisions, thereby promoting the healthy and sustainable digital economy development.

Given the availability and completeness of data on SCO member countries, we selected data from 2005 to 2022. Furthermore, given that Belarus will become a new member of the organization in 2024, the final index covers a total of ten countries: China, Russia, India, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Uzbekistan, Tajikistan, Pakistan, Iran, and Belarus.

As for data sources, they are mainly obtained from the World Bank WDI database and WEF reports. In case of missing data in the sample, this study uses trend analysis methods to calculate corresponding trend values.

Data normalization method

The entropy method is applied to assess the development level digital economy and the dynamics of the China–SCO cooperation. It is more objective than other methods. The entropy weight method (EWM) was chosen over principal component analysis (PCA) or data envelopment analysis (DEA) for the following reasons:

- Objective weighting: EWM calculates weights based on the data dispersion, avoiding errors introduced by PCA's subjective factor rotation or DEA's pre-set production function [27]. It is suitable for the heterogeneous SCO dataset.
- Dynamic adaptability: EWM can adjust weights annually according to the changing technological and regulatory dynamics (e.g., the weight of "secure internet servers" has increased by 37% since 2015), which is superior to static methods.
- Data robustness: The missing data rate for Central Asian countries is over 20%, and compared with PCA's requirement for a complete dataset, EWM is less sensitive to outliers and provides robustness even after trend-based interpolation.

In practical applications, the EWM calculates the entropy weight of each indicator based on the degree of variation, and then adjusts the entropy weight of each indicator to obtain a more objective weight. Since all the indicators selected in this study have positive values (the measured phenomenon is positive), the original data is standardized using the following formula:

$$Y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\left(X_i\right)}{\max\left(X_i\right) - \min\left(X_i\right)}, \tag{1}$$

where Y_{ij} is the standardized value of the j-th indicator in the year i; X_{ij} is the original data of the j-th indicator in the year I; $\min(X_i)$ and $\max(X_i)$ are the minimum and maximum values of the original data of the j-th indicator in the year i, respectively.

This normalization process eliminates dimensional differences between different indicators, allowing them to be compared and analyzed on the same scale.

The weight of the primary indicator is equal to the sum of the weights of the secondary indicators. The weights of the secondary indicators are calculated using the following formula:

$$P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} Y_{ij}}, \tag{2}$$

where P_{ij} is the proportion of the i-th sample value under the j indicator of each country in each year.

The information entropy of each indicator is calculated using the following formula:

$$E_j = -\left(\ln n\right)^{-1} \sum_{i=1}^{n} Y_{ij} P_{ij} \ln P_{ij}. \tag{3}$$

The redundancy of information entropy is calculated using the following formula:

$$D_j = 1 - E_j. \tag{4}$$

The weights of indicators are calculated using the following formula:

$$W_j = \frac{D_j}{\sum_{j=1}^{m} D_j}. \tag{5}$$

The comprehensive score is calculated using the following formula:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} w_j \cdot P_{ij} \cdot 1000. \tag{6}$$

Due to the relatively small values of the original data, this study has scaled the values by a factor of 1000 to facilitate observation. This adjustment is applied to the calculation of the original composite scores, allowing for a clearer representation and easier interpretation of the results.

Comparative analysis of digital economy development index of SCO member countries

Based on the calculation of the Digital Economy Development Index (DEDI) for the SCO member countries, this study conducts a comparative analysis by time, nation and indicator.

As shown in Fig. 1, from 2005 to 2022, the level of digital economy development in the SCO member countries has been steadily improving. The average DEDI in these countries increased from 3.475 in 2005 to 9.716 in 2022, corresponding to a growth rate of 179.5%.

In terms of specific countries, China, Russia and Belarus belong to the “first tier”, with their digital economy development levels above the average. Notably, China has consistently led the other countries in digital economy development, showing rapid growth since 2012.

Countries such as the India, Kazakhstan and Iran belong to the “second tier”, showing relatively comparable levels and rates of digital economy development. Among them, the digital economy development level in the India fluctuates around the average.

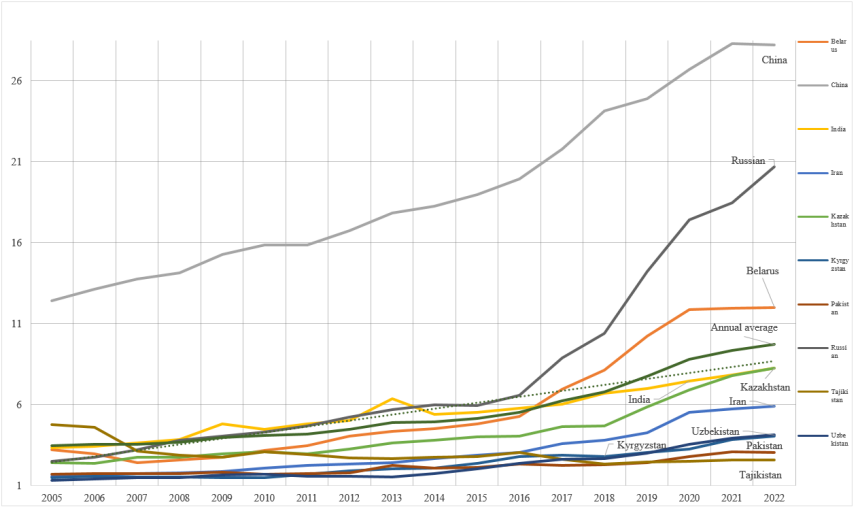


Fig. 1. Comparison of DEDI in the SCO member countries in 2005–2022

Table 7. Weights of the digital economy development levels of the SCO member states

Primary indicators	Weights	Secondary indicators	Sub-item weight
Digital infrastructure	19.79%	Fixed telephone subscriptions (per 100 people)	4.18%
		Mobile cellular subscriptions (per 100 people)	1.31%
		Secure Internet servers (per 1 million people)	13.93%
		Access to electricity (% of urban population)	0.38%
Digital connectivity	15.40%	Fixed broadband subscriptions (per 100 people)	7.03%
		Mobile broadband subscriptions (per 100 inhabitants)	5.33%
		Individuals using the Internet (% of population)	3.04%
Digital industry development	26.86%	High-technology exports (% of manufactured exports)	5.19%
		ICT goods exports (% of total goods exports)	15.84%
		ICT service exports (% of service exports, BoP)	5.82%
Digital innovation competitiveness	16.47%	Tertiary gross enrollment ratio (%)	2.70%
		Availability of latest technologies (1–7)	0.83%
		Venture capital availability(1–7)	1.22%
		Scientific and technical journal articles	11.73%
Digital economic environment	13.22%	Foreign direct investment, net inflows (% of GDP)	0.63%
		Charges for the use of intellectual property (BoP, $)	12.59%
Digital governance	8.25%	Government effectiveness: estimate (ranging from approximately –2.5 to 2.5)	2.06%
		Cost of business start-up procedures (% of GNI per capita)	6.20%

The “third tier” countries, which have a lower level of digital economy development, include Uzbekistan, Kyrgyzstan, Pakistan and Tajikistan, which have significant growth potential.

As can be seen from Fig. 2, all six primary indicators have shown significant growth from 2005 to 2022. Among them, the Digital Connectivity has shown the largest growth by 16.62 times, and its regional average level has increased significantly. The Digital Infrastructure indicator has also grown rapidly since 2013, with the regional average level has increased from 0.10 to 1.80, that is, by 7.20 times, which shows that digital infrastructure is a key indicator for the digital economy development and is advancing rapidly. The

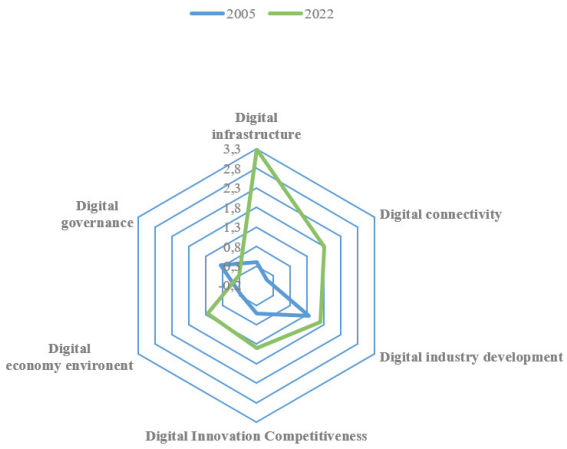


Fig. 2. Radar chart of DEDI in the SCO member countries in 2005–2022

Digital Economic Environment has grown significantly, with the regional average level has increased from 0.26 to 1.23, that is, by 4.69 times. The Digital Innovation Competitiveness dimension has also grown significantly, with the regional average level increasing from 0.5 to 1.39, that is, by 2.78 times. The Digital Industry Development indicator as a whole shows an upward trend, except for a slight decline in 2012 and 2017. The regional average level has increased from 1.34 to 1.68, that is, 24.8%. In contrast, the Digital Governance indicator is growing slowly, remaining at the same level or declining. In general, the growth rates of Digital Connectivity, Digital Infrastructure and Digital Economic Environment indicators exceed the growth rates of the overall index. It turned out, that during the period under review, the level of Digital Economic Development in SCO member countries was mainly determined by the improvement of Digital Connectivity, Digital Infrastructure and Digital Economic Environment indicators.

Table 8 shows the level of digital economy development in the SCO member countries. The countries with the highest rates are China, Russia and Belarus. Among them, China has consistently held the leading positions in the ranking from 2005 to 2022. The table shows that the overall level of digital economy development in the SCO member countries maintains a steady growth rate.

Fig. 3–8 present a comparison of the indices of the SCO member countries for six primary indicators.

From Fig. 3, it can be seen that Russia shows a higher level of Digital Infrastructure compared to other SCO member countries, particularly after 2015, when its digital infrastructure significantly improved. In contrast, China's growth in digital infrastructure has been relatively gradual. Additionally, Belarus, Kazakhstan and Iran have made rapid progress in Digital Infrastructure since 2015. Uzbekistan and Kyrgyzstan show a high degree of similarity in their progress regarding Digital Infrastructure, while Tajikistan and Pakistan have relatively low levels of Digital Infrastructure.

In terms of Digital Connectivity indicator shown in Fig. 4, Russia, China and Belarus are in the leading positions, with China showing the largest relative growth, while Russia remains more stable. The gap in Digital Connectivity between Uzbekistan, Kyrgyzstan and Iran is gradually narrowing. In contrast, countries such as India, Kazakhstan, Tajikistan and Pakistan are showing relatively slow progress in their Digital Connectivity.

In terms of Digital Industry Development indicator shown in Fig. 5, China is in the leading position. India, Kazakhstan, Belarus, Pakistan, and Russia are in the “second tier”, Kyrgyzstan, Uzbekistan, and Tajikistan are in the “third tier”, and Iran shows the lowest Digital Industry Development level.

In terms of Digital Innovation Competitiveness indicator, shown in Fig. 6, China has a significant advantage over ASEAN countries and shows high growth rates. India, Russia and Iran are in the “second tier” and the rest of the countries show a low level of this indicator.

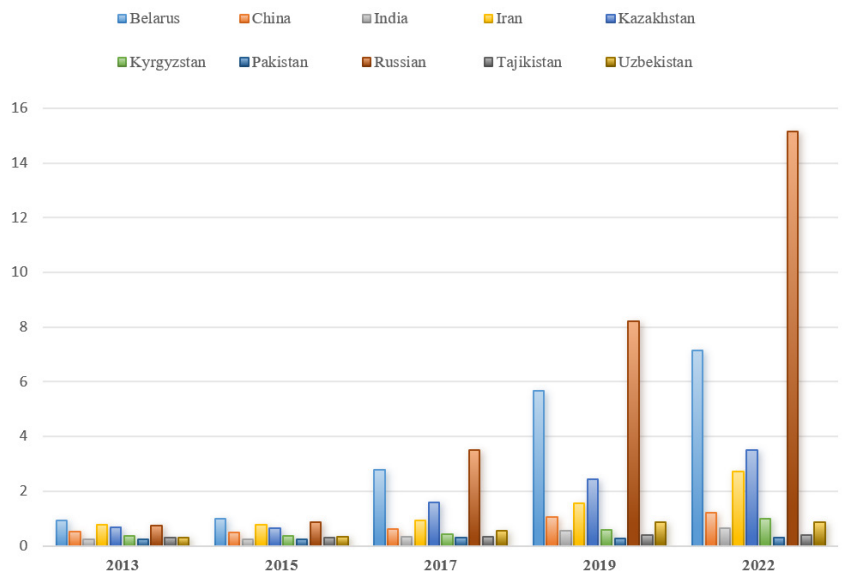


Fig. 3. Cross-national comparison of Digital Infrastructure for the SCO member states in 2013–2022

Table 8. Comparative analysis of DEDI of the SCO member states

Year	BY	CN	IN	IR	KZ	KR	PK	RU	TJ	UZ	Annual average
2005	3.21	12.41	3.35	1.56	2.39	1.48	1.72	2.52	4.78	1.34	3.47
2006	2.95	13.12	3.40	1.65	2.39	1.56	1.73	2.75	4.59	1.39	3.55
2007	2.43	13.75	3.61	1.72	2.73	1.53	1.76	3.21	3.13	1.48	3.53
2008	2.58	14.14	3.85	1.78	2.75	1.54	1.75	3.82	2.86	1.50	3.66
2009	2.77	15.29	4.82	1.88	2.95	1.49	1.81	4.06	2.75	1.67	3.95
2010	3.17	15.88	4.46	2.06	3.07	1.50	1.70	4.30	3.09	1.69	4.09
2011	3.47	15.88	4.82	2.24	2.96	1.69	1.75	4.67	2.91	1.57	4.19
2012	4.05	16.74	5.04	2.34	3.26	1.90	1.76	5.23	2.69	1.58	4.46
2013	4.36	17.84	6.36	2.41	3.64	2.03	2.23	5.68	2.65	1.55	4.88
2014	4.52	18.26	5.41	2.66	3.79	2.09	2.10	5.97	2.76	1.75	4.93
2015	4.79	18.98	5.52	2.86	4.02	2.39	2.14	5.93	2.79	2.02	5.14
2016	5.28	19.92	5.76	3.06	4.05	2.78	2.32	6.58	3.04	2.36	5.51
2017	6.97	21.77	6.02	3.59	4.63	2.89	2.23	8.90	2.61	2.61	6.22
2018	8.11	24.15	6.68	3.81	4.66	2.81	2.30	10.41	2.35	2.67	6.80
2019	10.21	24.89	6.98	4.28	5.84	3.04	2.40	14.22	2.46	3.00	7.73
2020	11.87	26.69	7.46	5.51	6.91	3.26	2.80	17.43	2.51	3.54	8.80
2021	11.97	28.31	7.85	5.75	7.79	3.84	3.08	18.47	2.57	3.93	9.36
2022	11.99	28.22	8.26	5.89	8.26	4.07	3.04	20.70	2.60	4.12	9.72
Ranking	3	1	4	7	5	8	10	2	6	9	

In terms of Digital Economic Environment indicator shown of Fig. 7, China has a clear advantage over other SCO member countries and is significantly ahead of them. India and Russia show higher growth over the period under review. The indicators of other member countries are relatively similar.

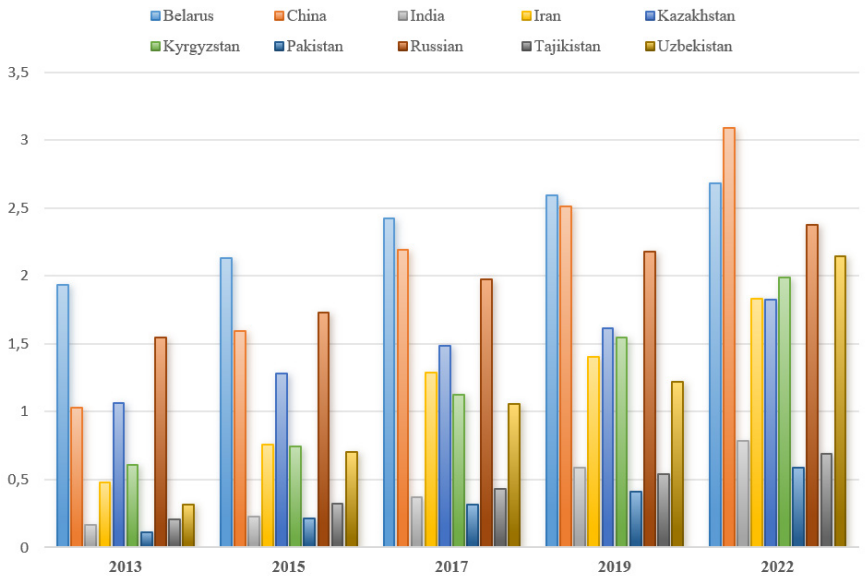


Fig. 4. Cross-national comparison of Digital Connectivity for the SCO member states in 2013–2022

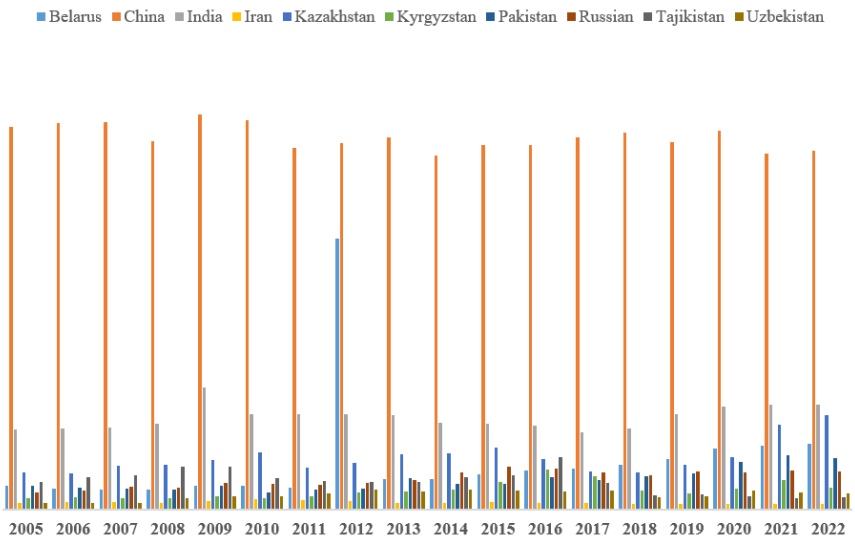


Fig. 5. Cross-national comparison of Digital Industry Development for the SCO member states in 2005–2022

In terms of Digital Governance indicator shown of Fig. 8, China's digital governance score is generally stable and has an upward trend. India's score peaked in 2013 (1.92) and then declined slightly, although it is still higher than most countries, indicating relatively high digital governance performance. Kazakhstan and Uzbekistan's scores fluctuated widely but were generally at the average level, indicating the need to improve digital governance in these countries. Pakistan and Kyrgyzstan's scores are relatively low, indicating that these two countries still need to further improve their digital governance, while the scores of other countries are relatively balanced.

Having analyzed the economic development indicators of the SCO member states, we can draw the following conclusions.

First, the level of the digital economy of each country is strongly correlated with the basis of its economic development. For example, China and Russia are at a high level in all aspects of digital economic

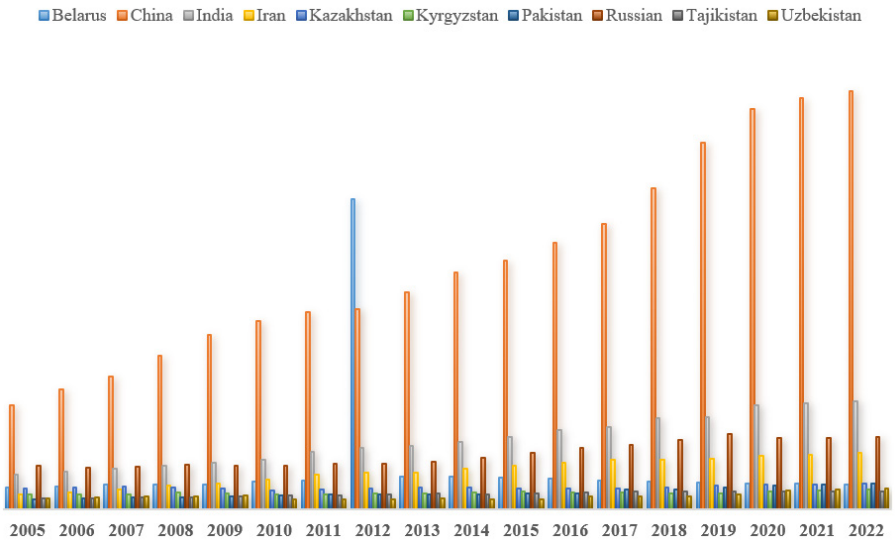


Fig. 6. Cross-national comparison of Digital Innovation Competitiveness of the SCO member states in 2005–2022

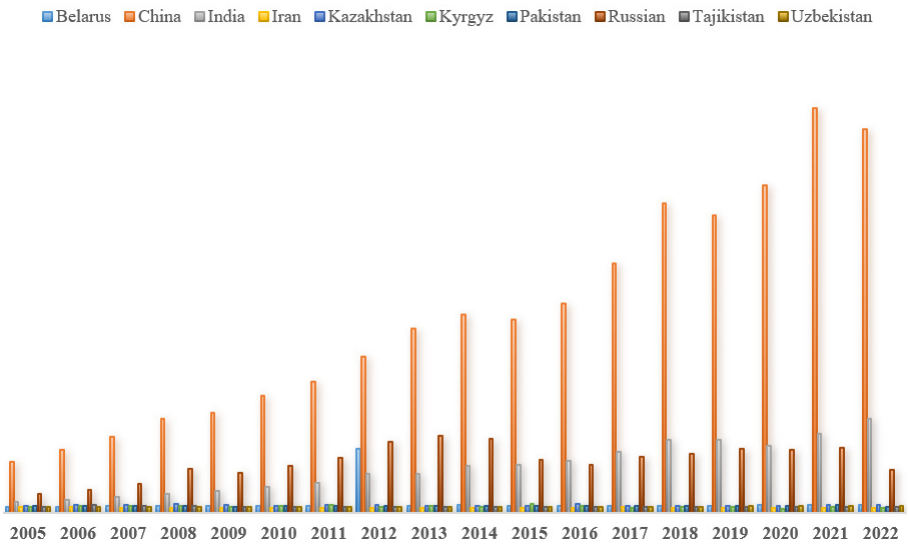


Fig. 7. Cross-national comparison of Digital Economy Environment of the SCO member states in 2005–2022

development. Tajikistan, Kyrgyzstan and Pakistan are at a low level in all indicators, and the rest of the countries are at an intermediate level in all indicators. This distribution generally corresponds to the level of economic development of the SCO member states, while India, Belarus and Kazakhstan are generally above average in all indicators.

Second, from the perspective of the study period, the level of digital economy development in each country has made significant progress. This is especially noticeable in such indicators as Digital Infrastructure, Digital Connectivity, Digital Industry Development and Digital Innovation Competitiveness. In addition, it can be seen that among the SCO member states, China maintains a leading position in digital development, although its growth rate has slowed down. China, Russia and India have maintained a high advantage in the digital economy development index for many years.

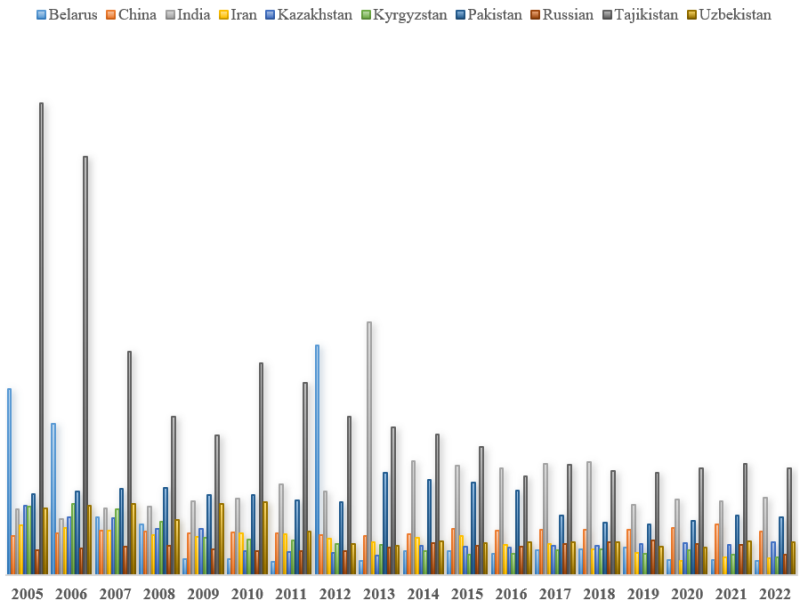


Fig. 8. Cross-national comparison of Digital Governance for the SCO Member States in 2005–2022

Discussion and Conclusion

Since 2015, the SCO cooperation in the field of digital economy has continued to deepen and achieved fruitful results. In terms of digital transformation and development, the SCO has signed a series of documents and agreements and made great progress in digital infrastructure, digital finance, digital agriculture, e-commerce, digital trade and other aspects.

The study shows that the digital divide among SCO member states is mainly due to differences in infrastructure investment (e.g. broadband coverage, security server density), education level (higher education enrollment rate) and insufficient coordination policies. For example, the Internet penetration rate of Central Asian countries (such as Tajikistan and Kyrgyzstan) is only one-third of that of China, while their ICT exports remain low, reflecting the dual gap in technology absorption and industrialization.

It is also found that the SCO has a core-periphery structure. The SCO digital economy is hierarchical, with China and Russia using ICT exports (accounting for 18.3% of total exports) to create a technological lock-in effect. There are bottlenecks in digital governance, and the contribution of the digital governance indicator to the growth of the Central Asian digital economy is less than 5%, indicating that the quality of institutions is an invisible barrier to digital transformation.

As for the threshold for accelerating digital economic growth, the broadband penetration rate is over 55% and the availability of venture capital is over 4.2 (level 1–7). However, the data for some Central Asian countries are based on interpolation estimates, which may weaken the heterogeneity of small countries. New indicators such as gender inequality in digital technologies and algorithm ethics were not included in the analysis. In 2023, the Statement of the Council of Heads of State of the Shanghai Cooperation Organization on Cooperation in the Field of Digital Transformation was signed and adopted, which contributed to the further advancement of the SCO in the creation and development of digital communications. Based on the results of the analysis of the digital economy development index of the SCO member states, it can be concluded that at present, the development of the digital economy of the SCO member states still has the following opportunities and challenges.

The economic strength and population of the SCO member countries are huge, and the potential for digital economy development is also very large. In the future, the development of digital economy will become an important driving force for economic growth on both sides. Judging from the closeness of

traditional economic and trade cooperation among the SCO member countries, they have a good foundation for cooperation and a market base in the field of digital economy. Most of the SCO member states have a relatively high Internet penetration rate and the development level of IoT technology, which provides strong support for the development and cooperation in the field of digital economy among the SCO member states. In addition, the governments of the SCO member states have strengthened their support for the development of digital economy and international cooperation, and have provided more opportunities for cooperation in digital transformation, innovation and development from a policy perspective. Therefore, there are generally four opportunities for the development of digital economy cooperation among the SCO member states:

1. Since the SCO launched cooperation in the field of digital economy, the SCO member states have laid a good foundation for cooperation in the field of digital economy and launched a new economic dialogue at the next SCO summit in 2024. Governments of various countries are also stepping up their efforts to cooperate with the SCO digital economy, providing more opportunities for innovation and development.
2. The SCO has launched internal organizational reforms and signed the Decision of the Council of Heads of State of the Shanghai Cooperation Organization on the Proposals of the Council of Foreign Ministers of the Shanghai Cooperation Organization Member States on Improving the Activities of the Shanghai Cooperation Organization at the next summit on July 4 last year. This will increase the scale of mutually beneficial cooperation between the SCO.
3. The cooperation of the SCO member states in the field of digital transformation continues to develop, which is not limited to e-commerce and other fields, but also helps in standard setting, healthcare, education and other fields. This will further improve the quality and level of digital economic cooperation, and provide more opportunities and challenges for cooperation among the SCO member states.
4. There is a high degree of complementarity and broad prospects for the development of the digital economy among the SCO member countries. China, Russia and India have the strongest comprehensive national strength in the SCO, and also occupy leading positions in high-tech industries.

Although some SCO member states have started developing the digital economy late, the momentum of digital development is very strong. Leading member states export part of their production capacity and plans, and cooperate with other member states to strengthen the construction of Internet infrastructure and improve the service capacity and quality of the digital economy.

In general, the digital economy, as a typical developing product of modern times, is another new economic model after the agricultural and industrial economy, and it can be said that the digital economy is national development and social progress.

The levels of economic development of the SCO member countries vary greatly, as do the levels of digital economic development. For example, the levels of economic development and digital economic development of the SCO member countries in Central Asia are relatively low, and the cooperation foundation is weak, which poses great difficulties for digital economic cooperation in the region [29, 30].

Due to the differences in the digital economic foundations of the SCO member countries, the pace of digital economic development is inconsistent, and the policy directions and effects of implementing digital economic development vary greatly. The institutional environment in each member country is different. There are discrepancies in government support, progress in working with businesses, and solution mechanisms in promoting various digital economic cooperation projects, as a result of which the recommended progress and effect of the same project vary in different countries, which in turn affects the willingness to cooperate in the future.

Data security and privacy issues are receiving increasing attention. How to ensure data security, data circulation, data privacy protection, and national security protection in the digital economic cooperation of the member countries has become the focus of attention of the member countries. However, the data protection systems and laws of the member countries are relatively imperfect, and there are some

security loopholes in the exchange of data. There are also problems with the verification of digital assets in the development of the digital economy. In the cooperation in the field of digital economy, there are differences in the recognition and regulation of intellectual property rights among the SCO member countries, which leads to hidden dangers in cooperation [31].

In light of the opportunities and challenges in developing the digital economy of the SCO member states, future cooperation can focus on the following aspects.

1. Strengthening the construction of Internet infrastructure, including improving Internet coverage, strengthening network security, ensuring reliable digital channels and data transmission. Based on the technological developments of leading countries such as China and Russia, it is necessary to establish a regional digital infrastructure fund to provide targeted support for the construction of 5G networks and cloud computing centers in Central Asian countries.

2. Increasing investment in training talents in the digital economy, establishing a professional education system in digital technology, cultivating more professional talents and raising the technical level in the digital economy.

3. Relying on the SCO University Alliance, it is necessary to develop cross-border digital talent training projects to enhance the core skills of member countries such as programming and data analysis. It is also necessary to strengthen cooperation and exchanges in digital education among member states, jointly study and formulate digital economy policies through bilateral and multilateral cooperation mechanisms, and share experiences and best practices in digital economy development.

4. Paying more attention to digital economy security, strengthening cooperation in network security, digital data protection and privacy, and jointly promoting the application, research and development of new technologies such as artificial intelligence, big data and blockchain. It is necessary to formulate a standardized data governance framework, the SCO Cross-Border Data Flow Agreement, to balance data security and data sharing needs, and reduce the cost of countering policies.

5. Establishing an industrial cooperation alliance, promoting cooperation in digital economy-related fields within member states, jointly promoting industrial innovation and development, and enhancing competitiveness.

To solve the challenges facing the SCO member states in developing the digital economy, it is necessary to strengthen infrastructure construction, cultivate digital talents, develop cooperation and exchanges, enhance security, promote innovation and technological cooperation, strengthen policy coordination and industrial cooperation. Through joint efforts, we can promote the rapid development of the digital economy in the SCO member states.

REFERENCES

1. Hui Z., Qiangming Y., Li N. (2021) BRI Infrastructure Development and Economic Growth. China Economist, 16 (3), 26–61. DOI: https://doi.org/10.19602/j.chinaeconomist.2021.05.02

2. Chen J., Liu Y., Liu W. (2020) Investment facilitation and China's outward foreign direct investment along the belt and road. China Economic Review, 61, 101458. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chieco.2020.101458

3. Bastos P. (2020) Exposure of belt and road economies to China trade shocks. Journal of Development Economics, 145, 102474. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2020.102474

4. Li R., Gospodarik C.G. (2024) Evolution of Digital Economy Differences among SCO Member Countries: Analysis and Perspectives. AlterEconomics, 21 (3), 497–511. DOI: https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2024.21-3.4

5. Rong L., Gospodarik C.G. (2022) Accelerating the change in China's economic growth model under the influence of the digital economy. Journal of the Belarusian State University. Economics, 2, 93–101.

6. Zhang W., Zhao S., Wan X., Yao Y. (2021) Study on the effect of digital economy on high-quality economic development in China. PloS ONE, 16 (9), e0257365. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257365

7. Miroshnichenko O.S., Tolstolesova L.A. (2024) Digital transformation as a factor of growth and sustainable development of national economies: a comparative analysis of the post-soviet SCO member states. Russia and the Contemporary World, 3 (124), 59–77. DOI: https://doi.org/10.31249/rsm/2024.03.04

8. Rodrik D. (2016) Premature deindustrialization. Journal of Economic Growth, 21, 1–33. DOI: https://doi.org/10.1007/s10887-015-9122-3

9. Yermak V.D., Gospodarik C.G. (2023) The analysis of trade, digitalization and education on economic growth: a panel data analysis for SCO countries. Osnovnye tendentsii ekonomicheskogo razvitiia Respubliki Belarus': materialy V Nauch.-prakt. kruglogo stola prepodavatelei, aspirantov i studentov [Main trends of economic development of the Republic of Belarus: materials of the V Scientific and practical round table of teachers, postgraduates and students], 91–96.

10. Larionova M., Shelepov A. (2024) India. Developing Regulation of Technological Platforms for Digital Economy Growth. International Organisations Research Journal, 19 (2), 127–144. DOI: https://doi.org/10.17323/1996-7845-2024-02-07

11. Bykov A.I. (2021) Ekonomicheskoe sotrudnichestvo v ramkakh SHOS: osnovnye napravleniia i perspektivy razvitiia [Economic cooperation within the SCO: main directions and development prospects], monograph. Moscow: FLINTA, 232 p.

12. Gurova I.P. (2019) Trade and economic relations of russia with the countries of the Shanghai Cooperation Organisation. Journal of International Economic Affairs, 9 (4), 2705–2716. DOI: https://doi.org/10.18334/eo.9.4.41397

13. Shankar K.U. (2017) Digital Economy in India: Challenges and Prospects. International Journal of Research in Management Studies (a peer review open access international journal–www. ijrms. com), 2 (11), 6–11.

14. Rong L., Gospodarik C. (2022) Connotation and Development History of Digital Economy. Sustainable Development and Engineering Economics, 4 (1), 8–27. DOI: https://doi.org/10.48554/SDEE.2022.4.1

15. Barefoot K., Curtis D., Jolliff W., Nicholson J.R., Omohundro R. (2018) Defining and measuring the digital economy. Washington DC: Bureau of Economic Analysis, 25 p.

16. Zhang J., Zhao W., Cheng B., Li A., Wang Y., Yang N., Tian Y. (2022) The impact of digital economy on the economic growth and the development strategies in the post-COVID-19 era: Evidence from countries along the “Belt and Road”. Frontiers in Public Health, 10, 856142. DOI: https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.856142

17. Soto-Acosta P. (2020) COVID-19 pandemic: Shifting digital transformation to a high-speed gear. Information Systems Management, 37 (4), 260–266. DOI: https://doi.org/10.1080/10580530.2020.1814461

18. OECD (2014) Measuring the Digital Economy: A New Perspective. DOI: http://dx.doi.org/10.1787/9789264221796-en

19. European Commission (2022) The Digital Economy and Society Index (DESI) [online] Available at: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi [Accessed 15.01.2025]

20. Dutta S., Lanvin B. (2024) Network Readiness Index 2024. Building a Digital Tomorrow: Public-Private Partnerships for Digital Readiness. Washington DC: Portulans Institute, 284 p.

21. ITU Publications (2024) Measuring digital development. The ICT Development Index 2024. Geneva: ITU, 45 p.

22. 张雪玲 & 焦月霞.(2017).中国数字经济发展指数及其应用初探.浙江社会科学,(04),32-40+157. Zhang X., Jiao Y. (2017) A preliminary investigation of China's digital economy development index and its application [J]. Zhejiang Social Science, 4. DOI: 10.14167/j.zjss.2017.04.005

23. 李晓钟 & 张洁.(2017).我国农业信息化就绪度水平区域差异比较研究.情报科学,35(10),55-62. Li X., Zhang J. (2017) A comparative study on the regional differences of agricultural informatization readiness level in China [J]. Intelligence Science, 35, 55–62. DOI: 10.13833/j.cnki.is.2017.10.011

24. 伦晓波 & 刘颜.(2022).数字政府、数字经济与绿色技术创新.山西财经大学学报,44(04),1-13. Lun X., Liu Y. (2022) Digital government, digital economy and green technology innovation. Journal of Shanxi University of Finance and Economics. DOI: 10.13781/j.cnki.1007-9556.2022.04.001

25. Wang H. (2021) Development Evaluation and Spatial Pattern Analysis of Digital Economy among Countries along the Belt and Road. Frontiers in Economics and Management, 2 (12), 64–68. DOI: https://doi.org/10.6981/FEM.202112_2(12).0008

26. 孙黎 & 许唯聪.(2021).数字经济对地区全球价值链嵌入的影响——基于空间溢出效应视角的分析.经济管理, 43(11),16-34. Li S., Weicong X. (2021) Impact of digital economy on regional global value

chain embedding: An analysis based on spatial spillover effects [J]. Business and Management Journal, 43 (11), 16–34. doi:10.19616/j.cnki.bmj.2021.11.002.

27. Su J., Su K., Wang S. (2022) Evaluation of digital economy development level based on multi-attribute decision theory. PloS ONE, 17 (10), e0270859. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270859

28. 张伯超 & 沈开艳.(2018).“一带一路”沿线国家数字经济发展就绪度定量评估与特征分析.上海经济研究,(01),94-103.doi:10.19626/j.cnki.cn31-1163/f.2018.01.010. Zhang B, Shen K. (2018) Quantitative Assessment and Characteristics Analysis of Digital Economy Development Readiness in Countries along the “Belt and Road”. Shanghai Economic Research, 1, 94–103. DOI: 10.19616/j.cnki.bmj.2021.11.002

29. Rudyk N.V., Niyazbekova S.U., Yessymkhanova Z.K., Toigambayev S.K. (2022) Development and Regulation of the Digital Economy in the Context of Competitiveness. In: Cooperation and Sustainable Development, 245, 167–174. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-77000-6_20

30. Xia L., Baghaie S., Sajadi S.M. (2024) The digital economy: Challenges and opportunities in the new era of technology and electronic communications. Ain Shams Engineering Journal, 15 (2), 102411. DOI: https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102411

31. Teece D.J. (2018) Profiting from innovation in the digital economy: Enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world. Research Policy, 47 (8), 1367–1387. DOI: https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.01.015

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

ЛИ Жун
E-mail: econ.lirong@qq.com
Rong LI
E-mail: econ.lirong@qq.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-5063-8446

Поступила: 23.01.2025; Одобрена: 25.02.2025; Принята: 26.02.2025.
Submitted: 23.01.2025; Approved: 25.02.2025; Accepted: 26.02.2025.

π-Economy. 2025, Том 18, № 2. С. 30–48.
π-Economy. 2025, Vol. 18, No. 2. Pp. 30–48.

Научная статья
УДК 338.24
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18202
EDN: https://elibrary/EVBPIO

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.С. Мельников ✉, **Е.Г. Калабина**

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Российская Федерация

✉ melnikov4work@gmail.com

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена повышенным интересом предприятий в области цифровизации и применения цифровых технологий и инструментов в бизнес-процессах. Предприятия все чаще сталкиваются с необходимостью использования таких цифровых технологий, как искусственный интеллект, облачные сервисы, технологии анализа больших данных и пр. Эффективность применения данных технологий напрямую воздействует на качество и скорость бизнес-процессов, что непосредственно влияет на конкурентоспособность. Основная цель работы – проведение анализа распространения цифровых инструментов в деятельности предприятий в Российской Федерации. Научная новизна исследования заключается в проведенной оценке использования цифровых инструментов и технологий предприятиями в Российской Федерации за 2019–2023 годы. Авторами проведен количественный анализ статистики по использованию цифровых технологий, объемам затрат на их внедрение. Впоследствии выявлена динамика внедрения и применения цифровых технологий и инструментов в промышленности. Теоретической и методологической основой исследования выступили материалы исследований по цифровизации бизнес-процессов, по повышению цифровых компетенций сотрудников предприятий, а также по оценке влияния цифровых технологий на деятельность предприятий. В качестве методов исследования использованы количественный анализ данных, экспертный и сравнительный анализы. Информационной базой послужили статистические данные по применению цифровых технологий предприятиями, а также исследования, касающиеся трендов и методов управления в контексте цифровой трансформации. Результатом работы стало формирование оценки о текущем состоянии распространения цифровых технологий в деятельности предприятий в Российской Федерации. Результаты могут быть использованы для разработки стратегий цифровой трансформации и улучшения управления предприятиями в условиях цифровой экономики. Полученные данные также позволяют бизнесу и государственным органам отслеживать процесс цифровизации и корректировать планы по цифровому развитию. Главный вывод исследования – предприятия в Российской Федерации с помощью цифровых технологий обеспечивают в основном базовые потребности, при этом существует потенциал для развития более сложных решений. В будущем направления исследований могут быть сфокусированы на углубленном анализе барьеров, связанных с цифровыми навыками сотрудников, а также на разработке гибридных моделей цифровой зрелости, подходящих под российские реалии.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровые технологии, цифровизация, цифровая экономика

Для цитирования: Мельников А.С., Калабина Е.Г. (2025) Анализ распространения цифровых инструментов в деятельности российских предприятий. π-Economy, 18 (2), 30–48. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18202

© Мельников А.С., Калабина Е.Г., 2025. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Review article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18202

ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF DIGITAL TOOLS IN THE ACTIVITIES OF RUSSIAN ENTERPRISES

A.S. Melnikov ✉, **E.G. Kalabina**

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russian Federation

✉ melnikov4work@gmail.com

Abstract. The relevance of the research is due to the increased interest of enterprises in digitalization and the use of digital technologies and tools in business processes. Enterprises are increasingly faced with the need to use digital technologies such as artificial intelligence, cloud services, big data analysis technologies, etc. The effectiveness of using these technologies directly affects the quality and speed of business processes, which directly affects the competitiveness. The main purpose of the work is to analyze the spread of digital tools in the activities of enterprises in the Russian Federation. The scientific novelty of the study lies in the assessment of the use of digital tools and technologies by enterprises in the Russian Federation in 2019–2023. The authors conducted a quantitative analysis of statistics on the use of digital technologies and the cost of their implementation. Subsequently, the dynamics of the introduction and application of digital technologies and tools in industries were revealed. The theoretical and methodological basis of the study were research materials on the digitalization of business processes, on improving the digital competencies of enterprise employees, as well as on assessing the impact of digital technologies on the activities of enterprises. Quantitative data analysis, expert and comparative analyses were used as research methods. The information base was statistical data on the use of digital technologies by enterprises, as well as research on trends and management methods in the context of digital transformation. The result of the work was the formation of an assessment of the current state of the spread of digital technologies in the activities of enterprises in the Russian Federation. The results can be used to develop digital transformation strategies and improve enterprise management in the digital economy. The data obtained also allows businesses and government agencies to monitor the process of digitalization and adjust plans for digital development. The main conclusion of the study is that enterprises in the Russian Federation mainly meet basic needs using digital technologies, while there is potential for the development of more complex solutions. In the future, research areas may focus on in-depth analysis of barriers associated with the digital skills of employees, as well as on the development of hybrid models of digital maturity suitable for Russian realities.

Keywords: digital transformation, digital technologies, digitalization, digital economy

Citation: Melnikov A.S., Kalabina E.G. (2025) Analysis of the distribution of digital tools in the activities of russian enterprises. π-Economy, 18 (2), 30–48. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18202

Введение

В эпоху четвертой промышленной революции цифровые технологии и инструменты преобразуют все направления деятельности предприятий – от внутренних процессов до взаимодействия с контрагентами [1–5].

Сегодня цифровая трансформация становится основным элементом современного бизнеса. Она меняет подходы к управлению и оптимизации процессов. Внедрение цифровых технологий, включая автоматизацию и искусственный интеллект (ИИ), не только ускоряет выполнение задач, но и помогает компаниям быстрее адаптироваться к требованиям глобального рынка, повышая производительность, сокращая расходы и улучшая качество выпускаемой продукции.

Цифровизация предприятий затрагивает несколько ключевых направлений:

1. Автоматизация и роботизация

© Melnikov A.S., Kalabina E.G., 2025. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Внедрение автоматизированных систем и роботов позволяет сотрудникам сосредоточиться на более сложных задачах, освобождаясь от рутинных и опасных операций. Это повышает эффективность и снижает вероятность ошибок [6]. Например, на предприятиях аэрокосмической отрасли переход от ручной сварки к роботизированным комплексам сократил трудоемкость в 3,5 раза, время выполнения задач – в 5 раз [7].

2. Интернет вещей (IoT)

Использование устройств IoT позволяет непрерывно контролировать состояние оборудования и анализировать данные с производственных площадок. Это помогает оперативно выявлять и устранять неполадки [8, 9]. На примере сферы услуг можно увидеть эффект от интеграции IoT-технологий – с их помощью снижаются операционные затраты, повышается скорость обслуживания клиентов и облегчается мониторинг оборудования [10]. В энергетической отрасли использование «умных» счетчиков и систем управления энергопотреблением позволило оптимизировать расход энергии и уменьшить потери ресурсов. Также авторы отмечают, что в транспортной отрасли IoT-технологии выполняют мониторинг движения и занимаются корректировкой управления в зависимости от поступающих данных, что позволяет уменьшать заторы на дорогах и повышать безопасность движения [11, 12]. В промышленности также существуют успешные кейсы внедрения IoT-технологий, но в меньших объемах, поскольку существуют большие сроки окупаемости, поэтому для данной отрасли инвестиции привлечь сложнее [13].

3. Аналитика больших данных (Big Data)

Работа с большими объемами данных позволяет выявлять закономерности, оптимизировать процессы и корректировать производственные задачи для достижения максимальной эффективности [14]. Использование Big Data позволяет предприятиям принимать обоснованные и точные решения. Исследователи также выделяют барьеры, которые связаны с инфраструктурой и кадрами – делая комплексный вывод о том, что успешное внедрение технологий Big Data в бизнес-процессы компаний требует всеобъемлющего подхода, содержащего технологические и управленческие изменения [15–17].

Выявлено, что использование Big Data способствует перераспределению полномочий принятия решений, что по итогу положительно сказывается на эффективности управления. Помимо этого, применение данных технологий позволяет предприятиям расширять потоки доходов и создавать дополнительную ценность товарам [18, 19].

4. Облачные технологии

Переход на облачные платформы предоставляет возможность более гибкого управления ресурсами и обеспечивает доступ к данным независимо от местоположения сотрудников. Использование облачных технологий существенно сокращает издержки предприятий на техническую инфраструктуру. Помимо этого, предприятия имеют возможность масштабировать объем используемых облачных технологий в зависимости от задачи [20–23].

5. ИИ и машинное обучение

Эти технологии используются для прогнозирования спроса, оптимизации логистики и оперативного выявления аномалий в процессе производства [24–26].

По оценке экспертов «Якова и Партнеров» и «Яндекса» в 2023 году 40% крупных предприятий в Российской Федерации внедряли ИИ в бизнес-процессы, а 20% использовали генеративные модели. Экономический потенциал ИИ к 2028 году оценивается в 22–36 трлн руб., при этом 70% эффекта будут сосредоточены в шести отраслях: логистике, банкинге, ритейле, добывающей промышленности и производстве, а также IT. Исследователи отмечают, что внедрение ИИ уже сокращает затраты у 94% компаний, а 30% ожидают рост выручки за счет персонализации продуктов для клиентов [27].

6. Кибербезопасность

С увеличением объема данных и подключенных устройств усиливается угроза кибератак, поэтому компании применяют современные технологии защиты информации [28]. Сфера кибербезопасности затрагивает все виды внедряемых цифровых технологий. Исследователи подробно рассматривают технические вопросы применения машинного обучения для обнаружения вредоносного программного обеспечения (ПО). Отдельно выделяют способности систем ИИ адаптироваться к меняющимся сценариям атак, что значительно повышает защиту информационных систем [29].

Эти направления образуют основу подхода Индустрии 4.0, требующего комплексного внедрения технологий на всех уровнях предприятия. Также следует учитывать факт санкционной политики в отношении Российской Федерации, в которой участвуют более 100 стран: это существенно изменило условия для современной отечественной экономики и промышленных предприятий [30]. «От национальной промышленности России сегодня требуется одновременно повышение ее устойчивости к внешним шокам и угрозам, интенсивное наращивание „выпадающих“ объемов производства, а также достижение высокого уровня внедрения инновационных разработок и выпуска продукции высоких переделов» [31].

Объектом исследования являлись предприятия Российской Федерации. Помимо общей характеристики предприятий, отдельно были рассмотрены промышленные предприятия.

Предметом исследования являлись технологии и инструменты, которые используют предприятия в процессе своей деятельности. Тема распространения цифровых инструментов и технологий особенно актуальна для предприятий в Российской Федерации, где процессы цифровых преобразований зачастую сталкиваются с барьерами разного рода [32, 33].

Научная проблема заключается в корректном проведении оценки распространения технологий и инструментов для российских предприятий. В текущее время решение данной проблемы является необходимым шагом, поскольку позволит повысить конкурентоспособность на турбулентном рынке или поспособствует правильной перестройке на другие рынки.

Также правильная оценка распространения цифровых технологий и инструментов может помочь работе государственных органов, так как с помощью данных оценки у них появляется возможность отслеживать и в случае необходимости корректировать процесс цифровой трансформации – как на микроуровнях, в рамках одного или нескольких предприятий, так и на макроуровнях, в рамках регионов и отраслей.

Литературный обзор

В исследованиях показано, что переход к Индустрии 4.0 и внедрение таких решений, как промышленный IoT и аддитивные технологии, меняет подходы к производству, особенно в сфере обрабатывающей промышленности. Цифровизация улучшает не только производственные процессы, но и управление цепочками поставок, а также взаимодействие с клиентами. Компании вынуждены реагировать на эти изменения, несмотря на экономическую нестабильность [34].

Процесс внедрения цифровых технологий проходит несколько этапов, начиная с базовых решений и переходя к более сложным инструментам, таким как аналитические системы и системы управления на основе данных. Исследования показывают, что темпы внедрения зависят от размера компании и ее особенностей. Например, предприятия в менее развитых регионах сталкиваются с нехваткой квалифицированных специалистов и низким уровнем цифровизации, что замедляет процесс цифровой трансформации.

Европейский доклад 2021 года рассматривает неравномерное развитие цифровой экономики в российских регионах, указывая на существенные различия в уровнях готовности к цифровым преобразованиям. В регионах с низким уровнем цифровизации существует высокий барьер для внедрения передовых технологий, в отличие от таких областей, как Татарстан и Тюменская область, которые показывают значительные успехи. Эти различия объясняются ограниченностью

финансирования и нехваткой квалифицированного персонала в менее развитых регионах, что препятствует эффективному использованию цифровых технологий для улучшения бизнес-процессов [35].

В исследовании И.Н. Щепиной и др. выявлено, что уровень цифровизации в России сильно разнится по регионам. Это связано с различиями в доступе к цифровым сервисам и инфраструктуре, а также в уровне использования ИКТ среди компаний [36]. Исследование показало, что компании из регионов с более низким уровнем цифровизации испытывают трудности с внедрением технологий из-за нехватки ресурсов и кадров, в то время как более развитые регионы демонстрируют значительный рост в этом направлении. Это подтверждает существование «цифрового неравенства», особенно ощутимого среди малых и средних предприятий в менее развитых регионах Российской Федерации.

Формирование цифровой культуры становится необходимым условием для успешной трансформации. По данным исследований BCG, компании, которые формируют цифровую культуру, демонстрируют более высокие финансовые результаты. Такая культура помогает более гибко принимать решения, привлекать квалифицированные кадры и поддерживать инновационные инициативы[1].

Также в отчетах правительства Российской Федерации о состоянии готовности отраслей к внедрению ИИ приводится индекс «готовности внедрения». Расчет индекса осуществляется по следующим основным направлениям: текущий уровень использования ИИ в приоритетных сферах деятельности; эффекты от использования ИИ; факторы, способствующие развитию и использованию ИИ (государственная политика, регулирование, стратегическое планирование и корпоративное управление, кадры, исследования и разработки, данные, цифровая инфраструктура, доверие и безопасность).

Средний интегральный индекс в 2024 году был 3,5 балла из 10. Это указывает на низкий уровень готовности большинства отраслей. В динамике мы можем наблюдать изменение индекса: например, в 2021 году его значение было 3,2 балла, в 2023 году – 3,7 балла. Среди отраслей, показавших наибольший балл по «готовности внедрения», находятся: ИКТ, финансовые услуги, высшее образование и топливно-энергетический комплекс. В этих отраслях индекс находится выше 4 баллов. В свою очередь, к «начинающим» отраслям, имеющим низкий индекс «готовности внедрения», относятся: социальная сфера, культура, физкультура и спорт, общее образование и отрасль развития городской среды. Данные отрасли имеют индекс ниже 3,2 балла [37].

Многие российские компании сталкиваются с барьерами, такими как высокая стоимость начальных инвестиций, недостаток цифровых навыков сотрудников и потребность в адаптации технологий к местным условиям. Для повышения конкурентоспособности компании все чаще развивают навыки анализа данных и управления технологиями, что помогает повышать производительность и эффективность производства.

В статье С. Тодорович приводится общая статистика по предприятиям в Российской Федерации, от малого бизнеса до крупного, которые сталкиваются с барьерами при внедрении цифровых технологий. Особенно выделяется парадокс – предприятия, фокусирующиеся на стратегии снижения издержек, часто избегают цифровизации из-за рисков увеличения затрат, но в то же время инновационно-ориентированные предприятия успешно используют цифровые технологии для дифференциации продукции [38].

В работе А.Х. Казанбиевой и А.Д. Гасановой рассматриваются проблемы внедрения концепции Индустрии 4.0/5.0 в российском промышленном секторе. На основе проведенного опроса в 120 предприятиях из машиностроительной, нефтегазовой и химической отраслей авторы выявили технологические, инфраструктурные и кадровые барьеры внедрения технологий. Отмечается,

[1] Hemerling J., Kilmann J., Martin Danoesastro M., Stutts L., Ahern C. (2018) It's Not a Digital Transformation Without a Digital Culture. [online] Available at: https://www.bcg.com/publications/2018/not-digital-transformation-without-digital-culture [Accessed 1.11.2024].

что 68% предприятий используют оборудование, не совместимое с IoT-решениями, 82% опрошенных отмечают, что их предприятия испытывают острую нехватку специалистов по Big Data [39].

В общей статистике, составленной нами из данных материалов Росстата и материалов докладов НИУ ВШЭ, 61% опрошенных компаний не использует цифровые технологии и не видит потребности в них. Рассмотрим основные барьеры и причины, по которым предприятия могут отказываться от внедрения цифровых технологий [40].

1. Отсутствие необходимости

Наиболее популярным барьером среди предприятий является именно отсутствие понимания в необходимости внедрения цифровых технологий. Например, многие компании считают, что их существующие бизнес-процессы, производственные процессы функционируют эффективно, и руководство компаний не видит необходимости во внедрении технологий.

2. Финансовые затраты

Внедрение, адаптация и поддержание работы технологий требует значительных финансовых затрат, например на приобретение специального оборудования, разработку ПО. Предприятия отказываются от внедрения технологий из-за имеющихся ограничений финансовых ресурсов и отсутствия возможности выделить дополнительные средства на эти процессы.

3. Изменение бизнес-модели компании

При переходе на новые технологии зачастую происходит качественное изменение бизнес-модели предприятия. Это подразумевает под собой новые методы менеджмента, изменение стратегии взаимодействия с контрагентами. Некоторые предприятия, имеющие устоявшуюся бизнес-модель, не хотят или не могут пойти на такие риски, поэтому отказываются от внедрения технологий.

4. Недостаточная цифровая компетенция сотрудников

Часто при желании внедрить ту или иную цифровую технологию руководство предприятия сталкивается с проблемой низкой цифровой компетенции у сотрудников.

В ходе анализа литературы были выделены несколько общих черт из найденных методов оценки – подавляющее большинство методов учитывает количество технологий, используемых предприятием в процессе своей деятельности.

В работе Т. Тордсена, М. Муравски и М. Бика отмечается многофакторная природа распространения цифровых технологий и цифровой трансформации в общем виде. Авторы выделяют в моделях количественные факторы в виде широты и глубины использования технологий, при этом негативно оцениваются упущения культурных и организационных факторов – цифровой культуры и готовности персонала к изменениям в процессе трудовой деятельности. Авторы делают вывод, что ключевой будет являться работа по созданию условий, при которых сотрудники предприятий станут не только осваивать новые технологии, но и применять их для оптимизации своей работы [41].

Дополняя тему отраслевых исследований, Г. Реман изучал распространение цифровых технологий в отрасли тяжелого производства и энергетики, отмечая особую сложность трансформаций, поскольку существовала высокая зависимость от старых технологий и слишком медленного процесса внедрения инноваций. В исследовании также описаны проблемы перестройки бизнес-модели предприятий, поскольку, как отмечает автор, цифровая трансформация затрагивает не только техническую сторону изменений [42].

В Российской Федерации тема распространения цифровых технологий исследуется в контексте цифровой трансформации предприятий. В НИУ ВШЭ Г.И. Абдрахманова и др. в своих трудах представляют мониторинг использования цифровых технологий в сфере бизнеса [43].

Для применения новых технологий важно наличие не только самой технологии, но и кадров. В предыдущих исследованиях по теме цифровой трансформации бизнеса и внедрения цифровых инструментов в бизнес-процессы было отмечено, что одним из главных барьеров являлось

отсутствие понимания у сотрудников необходимости использования цифровых технологий и инструментов, и как следствие из этого появлялся барьер в виде недостаточности знаний и компетенций для их применения. Уровень цифровых компетенций сотрудников компании оказывает существенное влияние не только на эффективность применения цифровых технологий и инструментов, но и в целом на их использование в деятельности компании [44].

Исследование HBR дополняет выводы предыдущих работ в плоскости использования ИИ – подчеркивая, что эволюция технологий ИИ и других цифровых технологий влияет на создание новых бизнес-моделей компаний. Также HBR выделяет потребность в высоком уровне цифровых компетенций персонала компании для улучшений в производительности компаний и финансовых результатах[2].

Целью нашего исследования является анализ распространения цифровых инструментов в деятельности предприятий в Российской Федерации. Научная новизна исследования заключается в оценке использования цифровых инструментов и технологий предприятиями в Российской Федерации за 2019–2023 годы. В текущем исследовании оценка акцентировалась на использовании большего числа цифровых технологий предприятиями, причем оценивались как широта использования технологий, так и их глубина, но мы также осознавали и учитывали фактор компетенции сотрудников.

Методы исследования

В данном исследовании использовался количественный метод оценки распространения цифровых инструментов в предприятиях в Российской Федерации путем анализа статистики использования цифровых технологий предприятиями, а также статистики затрат на их внедрение и использование[3]. Таким образом, мы смогли выявить динамику в использовании технологий и сформулировать выводы о текущем состоянии распространения цифровых технологий и инструментов в предприятиях в Российской Федерации.

Результаты

В текущих условиях о распространенности цифровых технологий в деятельности предприятия можно говорить, основываясь на том, какова степень его технологической оснащенности и налаженности инфраструктуры, а также какими технологиями предприятие пользуется для решения своих операционных задач [45, 46]. Исходя из анализа данных (рис. 1), мы констатируем факт, что в Российской Федерации общее количество предприятий, использующих в своей деятельности цифровые технологии, в период с 2019 по 2023 год включительно увеличилось до 248 тыс. (в 2019 году было 230 тыс.). При этом наибольший рост пришелся на 2020 год, затем мы наблюдаем стагнацию и лишь незначительное увеличение в пределах 1 тыс. за период с 2021 по 2023 год. Вследствие этого мы можем сделать вывод, что за последние три года потребность в цифровой трансформации в бизнес-среде снизилась.

В промышленности мы наблюдаем схожую ситуацию. С 2019 по 2023 год число предприятий, использовавших цифровые технологии, увеличилось на 2 тыс. При этом также наибольший прирост демонстрировался до 2021 года, затем наблюдается стагнация – в период с 2021 по 2023 год прирост предприятий, использовавших цифровые технологии, составил примерно 600 единиц.

Как мы видим на рис. 2, существенно увеличилось количество предприятий, использующих цифровые платформы в своей деятельности. Особенно сильный прирост был в 2023 году, мы

[2] Iansiti M., Lakhani K.R. (2020) *Competing in the Age of AI: How machine intelligence changes the rules of business*. [online] Available at: https://hbr.org/2020/01/competing-in-the-age-of-ai [Accessed 1.11.2024]; Lamarre E., Chheda S., Riba M., Genest V., Nizam A. (2023) *The Value of Digital Transformation*. [online] Available at: https://hbr.org/2023/07/the-value-of-digital-transformation [Accessed 1.11.2024].

[3] Сведения об использовании цифровых технологий и производстве связанных с ними товаров и услуг (3-информ) (2024) *Федеральная служба государственной статистики*. [online] Available at: https://rosstat.gov.ru/statistics/science [Accessed 01.11.2024]

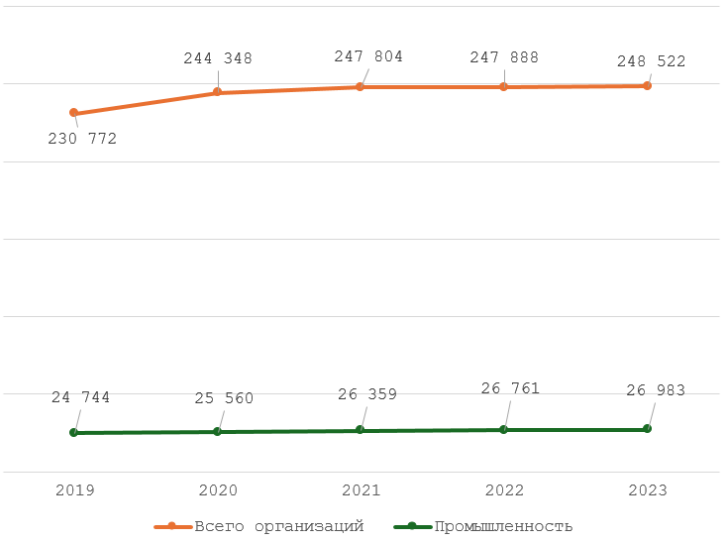


Рис. 1. Динамика количества предприятий, использовавших цифровые технологии, за период с 2019 по 2023 год [27]
Fig. 1. Dynamics of the number of enterprises using digital technologies in 2019–2023 [27]

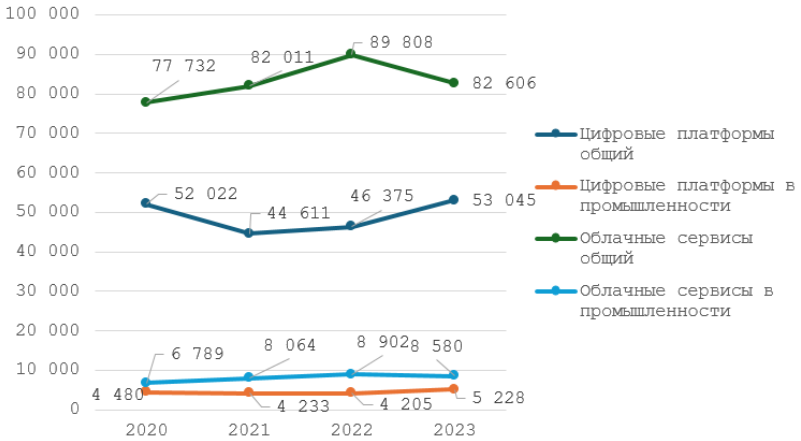


Рис. 2. Динамика количества предприятий, использовавших цифровые платформы и облачные сервисы, в период с 2020 по 2023 год [27]
Fig. 2. Dynamics of the number of enterprises using digital platforms and cloud services in 2020–2023 [27]

связываем этот факт с переходом предприятий на отечественные платформы, которые оказались более выгодными для тех, которые раннее не пользовались платформами вовсе. В промышленности также наибольший прирост случился в 2023 году, составив более 1 тыс. новых предприятий.

Облачные сервисы также показали отрицательную динамику за последний год, вернувшись к значениям 2021 года – с 89 тыс. предприятий показатель использования облачных сервисов снизился до 82 тыс. Это был один из наиболее ощутимых «санкционных ударов» по бизнес-сектору, поскольку большинство компаний пользовалось зарубежными облачными сервисами. В промышленности снижение было также замечено, но с меньшими темпами относительно общего тренда.

При этом необходимо отметить, что число предприятий, использующих технологии сбора и обработки данных, за последний год заметно сократилось, практически в 2 раза – с 97 тыс. до

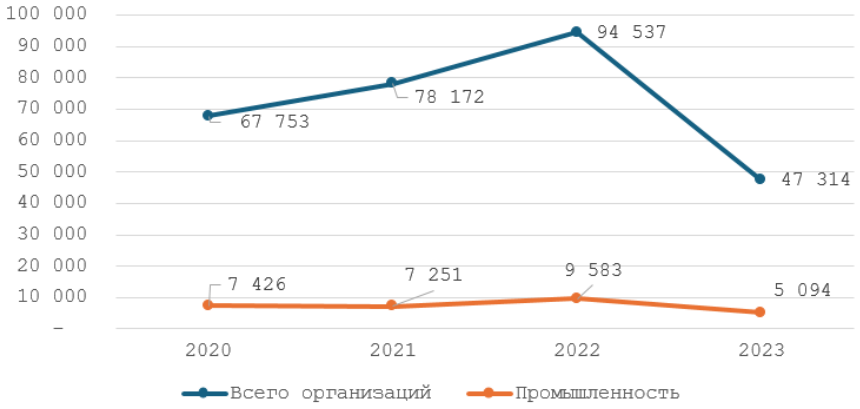


Рис. 3. Динамика количества предприятий, использовавших технологии сбора, обработки и анализа больших данных, в период с 2020 по 2023 год [27]

Fig. 3. Dynamics of the number of enterprises using technologies for collecting, processing and analyzing big data in 2020–2023 [27]

47 тыс. (рис. 3). Скорее всего это связано с уходом многих игроков рынка из-за санкционного давления. В промышленности за данный период также наблюдался спад, причем не только резкий, как в 2023 году: в 2021-м в использовании цифровых технологий обработки данных тоже было снижение – на 200 предприятий.

Немаловажным является факт сокращения использования технологий ИИ (рис. 4) в деятельности предприятий в 2023 году. До этого наблюдалась тенденция к росту, причем в 2022-м прирост в абсолютных величинах составил более 3 тыс. предприятий. В 2023 году количество предприятий сократилось до 15 тыс., что ниже уровня 2020 года – тогда технологиями ИИ пользовались 16 тыс. предприятий. В промышленности можно отметить, что показатели вернулись к значениям 2021 года.

В данном случае снижение можно было бы объяснить санкционными издержками, но также следует отметить факт, что не все компании оказались способными обеспечивать использование технологий ИИ. Наиболее частыми факторами отказа являются: недостаточность финансовых средств, отсутствие должной инфраструктуры, сложность в применении.

Тем не менее стоит отметить положительную динамику (рис. 5) использования аддитивных технологий и технологий «цифровых двойников». Данные технологии, наоборот, показывали снижение в 2022 году, но в 2023-м – рост. Промышленность за этот же период не выходила из общего тренда, кроме 2023 года, показав менее стремительный рост.

Также развитие использования цифровых технологий предприятий можно оценить путем сопоставления затрат по различным категориям внедрения и использования.

Например, за период с 2019 по 2023 год включительно мы можем наблюдать положительную динамику затрат (рис. 6), но при этом отметить их стагнацию. Таким образом, в период с 2020 по 2021 год наблюдался существенный рост – за год предприятия на внедрение и развитие цифровых технологий потратили больше 1 трлн руб. В период с 2021 по 2023 год предприятия осуществили затраты суммарно на 0,5 трлн руб.

В свою очередь, промышленность показала более длительный тренд увеличения затрат: существенный рост наблюдался до 2022 года включительно – с 2020 по 2022 год затраты увеличивались на 90–100 млрд руб. каждый год. При этом в 2023-м затраты увеличились лишь на 10 млрд руб. и составили 584 млрд руб. против 573 млрд руб. в 2022 году.

Из данных структуры затрат были выведены основные статьи расходов (табл. 1). Из них видно, что наибольшей статьей являлось приобретение машин и оборудования и лишь к 2023 году превзошла статья прочих затрат. Также следует отметить, что существенно сократилась доля

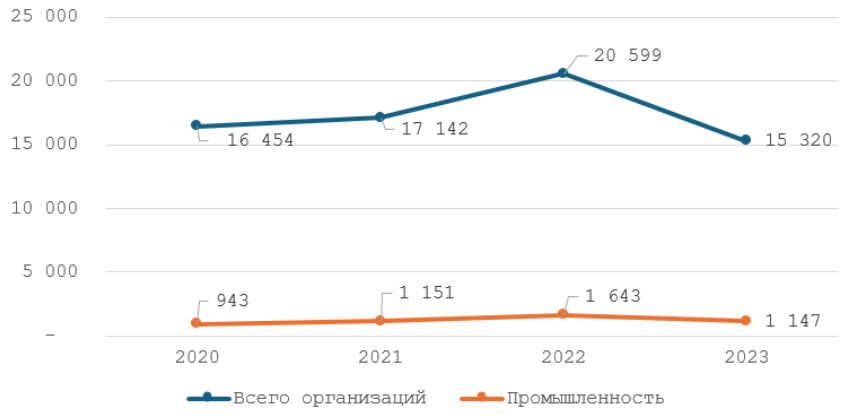


Рис. 4. Динамика количества предприятий, использовавших технологии ИИ, в период с 2020 по 2023 год [27]
Fig. 4. Dynamics of the number of enterprises using artificial intelligence technologies in 2020–2023 [27]

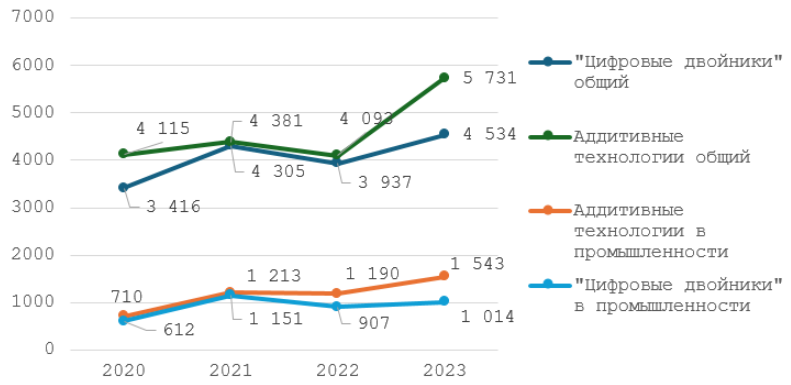


Рис. 5. Динамика количества предприятий, использовавших технологии «цифровых двойников» и аддитивные технологии, в период с 2020 по 2023 год [27]
Fig. 5. Dynamics of the number of enterprises using digital twin technologies and additive technologies in 2020–2023 [27]

оплат услуг электросвязи – за исследуемый период произошло сокращение более чем в 2 раза. При этом заметно увеличилась статья внешних затрат, в частности на разработку, аренду, адаптацию, доработку, техническую поддержку и обновление ПО. В свою очередь, внутренние затраты, которые включают в себя статьи расходов на приобретение, адаптацию и доработку ПО, выполненного собственными силами, за исследуемый период сократились с 21% до 12,9%.

В промышленности структура затрат отличается (табл. 2). Основной статьей неизменно остается приобретение машин и оборудования, что логично из-за особенности отрасли. При этом также увеличились внешние затраты на приобретение и адаптацию ПО – выросли с 15% до 24%. Снизились затраты на оплату услуг связи – с 2019 по 2023 год вдвое. Также снизились внутренние затраты на приобретение и адаптацию ПО – за пять лет с 16,5% до 13,9%.

Сопоставим две структуры затрат – общую и в промышленности (табл. 1 и 2). Как мы видим, статья затрат на приобретение машин и оборудования в промышленности продолжает расти, в то время как в общей статистике происходит снижение – это можно объяснить спецификой отрасли, поскольку оборудование в промышленности является основным активом для получения дохода. Внутренняя разработка ПО в промышленности идет в разрез с общим трендом снижения – скорее всего, это связано с тем, что предприятия стремятся создать собственные

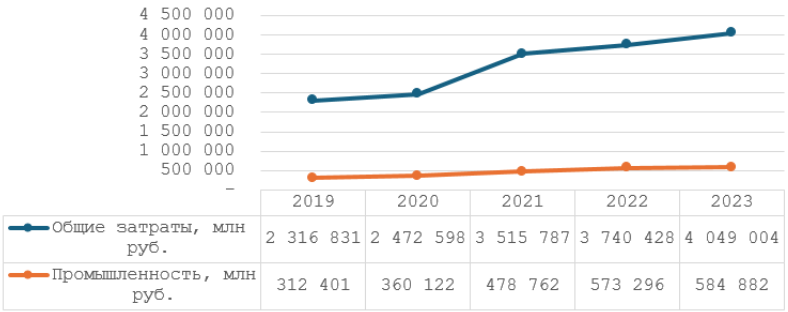


Рис. 6. Динамика затрат предприятий на внедрение и использование цифровых технологий в период с 2019 по 2023 год [27]
Fig. 6. Dynamics of enterprises' costs for the implementation and use of digital technologies in 2019–2023 [27]

Таблица 1. Динамика структуры затрат предприятий в Российской Федерации на использование и внедрение цифровых технологий в период с 2019 по 2023 год
Table 1. Dynamics of the cost structure of Russian enterprises for the use and implementation of digital technologies in 2019–2023

Годы	Внешние затраты на приобретение и адаптацию ПО	Внутренние затраты на приобретение и адаптацию ПО	Оплата услуг связи	Приобретение машин и оборудования	Прочие затраты
2019	12,46%	21,05%	14,35%	33,87%	9,17%
2020	16,90%	13,71%	14,97%	32,39%	7,91%
2021	14,60%	13,53%	9,04%	27,70%	23,19%
2022	18,86%	13,29%	7,52%	25,48%	24,69%
2023	21,48%	12,93%	6,34%	23,01%	24,67%

Источник: составлено авторами по [27]

Таблица 2. Динамика структуры затрат промышленных предприятий в Российской Федерации на использование и внедрение цифровых технологий в период с 2019 по 2023 год
Table 2. Dynamics of the cost structure of enterprises in the Russian industrial sector for the use and implementation of digital technologies in 2019–2023

Годы	Внешние затраты на приобретение и адаптацию ПО	Внутренние затраты на приобретение и адаптацию ПО	Оплата услуг связи	Приобретение машин и оборудования	Прочие затраты
2019	15,87%	16,57%	10,83%	31,78%	3,48%
2020	20,50%	14,43%	11,38%	34,64%	3,69%
2021	18,88%	15,75%	8,23%	28,86%	2,86%
2022	17,68%	11,75%	7,45%	38,26%	2,46%
2023	24,14%	13,91%	5,49%	29,33%	4,07%

Источник: составлено авторами по [27]

решения под свои модели работы и процессы. При этом затраты на внешнюю разработку также продолжают расти, как и в общей статистике предприятий.

За исследуемый период из табл. 3 видно, что доля предприятий, использовавших специализированное ПО, колеблется в пределах 65%, что говорит о стагнации в наращивании доли использования цифровых технологий компаниями.

Таблица 3. Динамика долей предприятий в Российской Федерации, использовавших специальные программные средства по направлениям работ в период с 2019 по 2023 год
Table 3. Dynamics of the share of Russian enterprises using special software tools by areas of work in 2019–2023

Доля предприятий, использовавших специальные программные средства	Годы				
	2019	2020	2021	2022	2023
Общая	66%	65,4%	63,1%	66,2%	65,7%
Для научных исследований	5,33%	3,76%	3,82%	16,55%	13,66%
Для проектирования/моделирования (CAD/CAE/CAM/CAO)	15,16%	9,88%	15%	24,95%	22,85%
Для управления автоматизированным производством и/или отдельными техническими средствами и технологическими процессами	19,21%	7,73%	11,12%	23,08%	20,03%
Для управления закупками товаров (работ, услуг)	45,39%	26,61%	40,26%	49,52%	48,64%
Для управления продажами товаров (работ, услуг)	30,31%	17,93%	27,93%	38,99%	38,66%
Для управления складом	–	17,25%	26,8%	37,72%	35,84%
Для осуществления финансовых расчетов в электронном виде	66,46%	41,83%	63,29%	69%	68,23%
Для предоставления доступа к базам данных предприятия через глобальные информационные сети, включая сеть Интернет	37,27%	22,08%	32,72%	41,73%	39,72%
Для обеспечения информационной безопасности	–	37,46%	57,84%	65,48%	65,53%
Электронные справочно-правовые системы	61,88%	42,81%	65,3%	69,78%	68,37%
CRM-системы	23,84%	12,05%	20,02%	32,18%	30,11%
ERP-системы	–	13%	20,64%	32,18%	30,43%
SCM-системы	–	4,79%	7,26%	20,96%	18,12%
PLM-/PDM-системы	–	3,54%	5,29%	16,61%	13,93%
HRIS	–	4,77%	7,39%	26,16%	27,16%
Редакционно-издательские системы	8,02%	5,45%	8,21%	17,95%	15,24%
Обучающие программы	19,03%	15,33%	24,09%	38,38%	38,61%
Системы электронного документооборота	81,49%	53,84%	83,35%	83,5%	82,08%

Источник: составлено авторами по [27]

В 2023 году наиболее востребованными технологиями у предприятий являлись системы электронного документооборота, электронные справочно-правовые системы, ПО для обеспечения информационной безопасности, а также ПО для проведения финансовых расчетов.

В промышленности (табл. 4) самыми востребованными программными средствами являлись системы электронного документа оборота, электронные справочно-правовые системы, программы для обеспечения информационно безопасности, а также программы для осуществления финансовых расчетов в электронном виде и для управления складом. Также следует отметить тот факт, что в промышленности общая доля предприятий, использовавших специальное ПО, выше, чем в общей статистике по всем предприятиям Российской Федерации, – это значит, что процесс цифровизации в данной отрасли идет быстрее.

Таблица 4. Динамика долей промышленных предприятий в Российской Федерации, использовавших специальные программные средства по направлениям работ в период с 2019 по 2023 год
Table 4. Dynamics of the shares of enterprises in the Russian industry that used special software in areas of work in 2019–2023

Доля предприятий, использовавших специальные программные средства	Годы				
	2019	2020	2021	2022	2023
Общая	93,70%	61,97%	83,74%	87,54%	87,89%
Для научных исследований	5,50%	1,80%	6,27%	21,64%	18,26%
Для проектирования/моделирования (CAD/CAE/CAM/CAO)	33,36%	11,06%	34,43%	45,92%	43,35%
Для управления автоматизированным производством и/или отдельными техническими средствами и технологическими процессами	41,57%	9,51%	26,22%	37,76%	34,74%
Для управления закупками товаров (работ, услуг)	47,43%	18,89%	38,38%	50,69%	49,43%
Для управления продажами товаров (работ, услуг)	42,61%	15,15%	34,90%	47,47%	47,31%
Для управления складом	–	18,79%	41,80%	54,04%	53,73%
Для осуществления финансовых расчетов в электронном виде	73,73%	38,55%	66,52%	73,06%	72,75%
Для предоставления доступа к базам данных предприятия через глобальные информационные сети, включая сеть Интернет	32,30%	12,65%	26,63%	38,65%	38,40%
Для обеспечения информационной безопасности	–	28,77%	60,51%	69,36%	68,45%
Электронные справочно-правовые системы	70,42%	41,91%	71,50%	76,13%	74,89%
CRM-системы	33,05%	6,51%	20,03%	34,50%	32,21%
ERP-системы	–	11,41%	32,83%	45,43%	45,12%
SCM-системы	–	–	6,68%	22,52%	19,50%
PLM-/PDM-системы	–	2,04%	7,86%	23,72%	20,70%
HRIS	–	2,68%	7,26%	30,81%	32,59%
Редакционно-издательские системы	6,62%	2,38%	6,83%	21,13%	17,81%
Обучающие программы	20,38%	14,50%	24,01%	39,96%	39,06%
Системы электронного документооборота	80,80%	48,59%	83,14%	83,91%	83,85%

Источник: составлено авторами по [27]

Заключение

Итоги работы, выраженные в проведенном анализе, показывают, что в Российской Федерации предприятия имеют потенциал к наращиванию темпов распространения цифровых технологий, но существует ряд проблем.

1. До 2022 года наблюдался рост использования цифровых технологий предприятиями, но после 2022 года темпы резко замедлились – цифровыми технологиями начинали пользоваться менее 1 тыс. предприятий в год. Замедляющими факторами выступают санкционная политика стран – поставщиков технологий, дефицит квалифицированных кадров, нехватка финансовых средств.

2. Общие затраты на цифровые технологии растут, но предприятия сокращают внутренние расходы на ПО в пользу внешних решений – доля внешних затрат выросла с 12% до 21%. Предприятиям проще отдать часть работ на внешнее исполнение, чем самим пытаться выстроить бизнес-процессы с использованием новых цифровых технологий.

3. В промышленности сохраняется поддержка внутренней разработки из-за специфики отрасли. Также промышленные предприятия, несмотря на возникающие проблемы поставок, продолжают сохранять высокие затраты на оборудование – 29%.

4. Наиболее востребованными являются технологии, обеспечивающие электронный документооборот, финансовые расчеты, информационную безопасность предприятия. В промышленности к вышеперечисленным добавляют технологии проектирования, управления продажами/закупками, управления складом и ERP-системы.

5. Доля «обучающих программ» по общей статистике использования предприятиями осталась на таком же уровне – 30%.

Полученные результаты позволяют сделать главный вывод о том, что на момент проведения исследования (2024 год) в общем состоянии цифровые технологии в предприятиях распространены на «начальном уровне» – ими обеспечиваются лишь базовые потребности. При этом инфраструктура позволяет осуществить наращивание мощностей для внедрения и использования новых цифровых технологий.

Отдельно следует выделить распространение цифровых технологий в промышленности. В этой отрасли темп распространения выше «общей оценки», поскольку по итогам исследования было выявлено, что востребовано большее количество цифровых технологий.

Направления дальнейших исследований

Будущие исследования могут быть направлены на создание новых методов оценки цифровой зрелости предприятий. Необходимо разработать новые гибридные модели цифровой зрелости для российского рынка, учитывая разницу развития регионов в плане инфраструктуры и доступа к ресурсам. Также необходимо провести углубленный анализ барьеров, с которыми сталкиваются предприятия в процессе цифровой трансформации, и найти методы их преодоления. Например, в ходе проведения исследования была обнаружена проблема оценки цифровых компетенций сотрудников предприятий: нехватка квалифицированных кадров – это один из главных барьеров цифровой трансформации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Kobara Y.M., Akpan I.J. (2023) Bibliometric Performance and Future Relevance of Virtual Manufacturing Technology in the Fourth Industrial Revolution. *Systems*, 11 (10), art. no. 524. DOI: https://doi.org/10.3390/systems11100524

2. Braña F.J. (2019) A fourth industrial revolution? Digital transformation, labor and work organization: a view from Spain. *Journal of Industrial and Business Economics*, 46, 415–430. DOI: https://doi.org/10.1007/s40812-019-00122-0

3. Lee S., Jo D. (2021) Determinants of Technology-Based Self-Service Acceptance. In: *Data Science and Digital Transformation in the Fourth Industrial Revolution* (eds. J. Kim, R. Lee), 929, 39–51. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-64769-8_4

4. Nedelkoska L., Quintini G. (2018) Automation, skills use and training. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, 202. DOI: https://dx.doi.org/10.1787/2e2f4eea-en

5. OECD (2017) *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*, Paris: OECD Publishing. DOI: https://dx.doi.org/10.1787/9789264271036-en

6. Campilho R.D.S.G., Silva F.J.G. (2023) Industrial Process Improvement by Automation and Robotics. *Machines*, 11 (11), art. no. 1011. DOI: https://doi.org/10.3390/machines11111011

7. Антипов Д.В., Ткаченко И.С. (2024) Исследование влияния роботизации процессов предприятий на показатели производственной системы. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*, 1, 374–378. DOI: https://doi.org/10.24412/2071-6168-2024-1-374-375

8. Jovith A.A., Ranganathan C.S., Priya S., Vijayakumar R., Kohila R., Prakash S. (2024) Industrial IoT Sensor Networks and Cloud Analytics for Monitoring Equipment Insights and Operational Data. *2024 10th International Conference on Communication and Signal Processing* (*ICCSP*), 1356–1361. DOI: https://doi.org/10.1109/ICCSP60870.2024.10543619

9. Syafrudin M., Alfian G., Fitriyani N.L., Rhee J. (2018) Performance Analysis of IoT-Based Sensor, Big Data Processing, and Machine Learning Model for Real-Time Monitoring System in Automotive Manufacturing. *Sensors*, 18 (9), art. no. 2946. DOI: https://doi.org/10.3390/s18092946

10. Убоженко Е.В., Крутеева О.В., Вдовин С.А. (2021) Экономическое обоснование внедрения цифровой технологии «Интернет-вещей» в деятельность предприятия. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 11–1, 92–101. DOI: https://doi.org/10.17513/vaael.1900

11. Чачин П. (2017) Интернет вещей укрепляет позиции на российском рынке. *Электроника НТБ*, 5 (165), 142–149. DOI: https://doi.org/10.22184/1992-4178.2017.165.5.142.149

12. Куприяновский В.П., Намиот Д.Е., Дрожжинов В.И., Куприяновская Ю.В., Иванов М.О. (2016) Интернет Вещей на промышленных предприятиях. *International Journal of Open Information Technologies*, 4 (12), 69–78.

13. Городнова Н.В., Шаблова Е.Г. (2024) Развитие промышленного интернета вещей в России: экономический анализ и правовые аспекты. *Экономика, предпринимательство и право*, 14 (6), 2753–2772. DOI: https://doi.org/10.18334/epp.14.6.121163

14. Rahul K., Banyal R.K., Arora N. (2023) A systematic review on big data applications and scope for industrial processing and healthcare sectors. *Journal of Big Data*, 10, art. no. 133. DOI: https://doi.org/10.1186/s40537-023-00808-2

15. Королев О.Л., Апатова Н.В., Круликовский А.П. (2017) «Большие данные» как фактор изменения процессов принятия решений в экономике. *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*, 10 (4), 31–38. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.10403

16. Массеров Д.Д., Массеров Д.А. (2022) Анализ, проблемы и возможности использования больших данных в городском хозяйстве. *Научное обозрение. Технические науки*, 6, 27–31. DOI: https://doi.org/10.17513/srts.1416

17. Чижов С.А., Суйц В.П. (2021) Факторы, влияющие на внедрение компаниями аналитики больших данных. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 6–1, 106–114. DOI: https://doi.org/10.17513/vaael.1735

18. Федорова Л.А., Ху Г., Хуан С., Землякова С.А. (2020) Применение технологий Big Data в деятельности современных предприятий. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 9–2, 322–329. DOI: https://doi.org/10.17513/vaael.1337

19. Кельчевская Н.Р. (2020) Использование больших данных в стратегическом управлении знаниями компании, следующей трендам Индустрии 4.0. *Лидерство и менеджмент*, 7 (3), 405–426. DOI: https://doi.org/10.18334/lim.7.3.110662

20. Владимиров И.В., Сидоров А.Ю., Вицентий А.В. (2023) Современное состояние рынка облачных технологий для бизнеса и промышленности. *Умная цифровая экономика*, 3 (2), 35–46.

21. Индык Д.С. (2018) Организационные аспекты использования облачных технологий в экономической деятельности предприятий. *Политехнический молодежный журнал*, 4 (21), art. no. 12. DOI: https://doi.org/10.18698/2541-8009-2018-4-299

22. Репина М.О. (2024) Развитие облачных технологий в России: архитектура решений и перспективы. *Вопросы инновационной экономики*, 14 (4), 1169–1190. DOI: https://doi.org/10.18334/vinec.14.4.121856

23. Лобанов О.С., Минаков В.Ф., Артемьев А.В. (2014) Облачные технологии в исполнительных органах государственной власти Санкт-Петербурга. *Международный научно-исследовательский журнал*, 1–1 (20), 67–68.

24. Chen W., Men Y., Fuster N., Osorio C., Juan A.A. (2024) Artificial Intelligence in Logistics Optimization with Sustainable Criteria: A Review. *Sustainability*, 16 (21), art. no. 9145. DOI: https://doi.org/10.3390/su16219145

25. Douaioui K., Oucheikh R., Benmoussa O., Mabrouki C. (2024) Machine Learning and Deep Learning Models for Demand Forecasting in Supply Chain Management: A Critical Review. *Applied System Innovation*, 7 (5), art. no. 93. DOI: https://doi.org/10.3390/asi7050093

26. Giuffrida N., Fajardo-Calderin J., Masegosa A.D., Werner F., Steudter M., Pilla F. (2022) Optimization and Machine Learning Applied to Last-Mile Logistics: A Review. *Sustainability*, 14 (9), art. no. 5329. DOI: https://doi.org/10.3390/su14095329

27. Болотских М., Дорохова М. (2023) Искусственный интеллект в России – 2023: тренды и перспективы. *Яков и Партнёры*. [online] Available at: https://yakovpartners.ru/upload/iblock/c5e/c8t1wrkdne5y9a4nqlicderalwny7xh4/20231218_AI_future.pdf [Accessed 18.02.2025]. (In Russian)

28. World Economic Forum (2023) Global Cybersecurity Outlook 2023. [online] Available at: https://www.weforum.org/publications/global-cybersecurity-outlook-2023 [Accessed 01.11.2024]

29. Намиот Д.Е., Ильюшин Е.А. (2024) Искусственный интеллект в кибербезопасности: поиск вредоносного программного обеспечения. *International Journal of Open Information Technologies*, 12 (6), 143–149.

30. Кобзев В.В., Бабкин А.В., Скоробогатов А.С. (2022) Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях новой реальности. *π-Economy*, 15 (5), 7–27. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.15501

31. Гамидуллаева Л.А. (2023) Промышленный кластер региона как локализованная экосистема: роль факторов самоорганизации и коллаборации. *π-Economy*, 16 (1), 62–82. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.16105

32. Митяева Н.В., Заводило О.В. (2019) Барьеры цифровой трансформации и пути их преодоления. *Вестник Саратовского Государственного Социально-Экономического Университета*, 3 (77), 20–24.

33. Карикова А.С. (2023) Преодоление барьеров цифровой трансформации промышленных предприятий при помощи механизма выбора бизнес-модели. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 14 (1), 74–85. DOI: https://doi.org/10.17747/2618-947X-2023-1-74-85

34. Лола И.С., Бакеев М.Б. (2019) Цифровая трансформация в отраслях обрабатывающей промышленности России: результаты конъюнктурных обследований. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 35 (4), 628–657. DOI: https://doi.org/10.21638/spbu05.2019.407

35. Chernysheva A., Kalygina V. (2020) Problems of Uneven Development of the Digital Economy in the Russian Regions. In: *Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development* (eds. S.I. Ashmarina, V.V. Mantulenko), 79, 974–982. DOI: https://doi.org/10.15405/epsbs.2020.03.141

36. Щепина И.Н., Маслова М.И., Гоголева Т.Н. (2023) Анализ использования цифровых технологий в организациях российских регионов. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление*, 1, 65–82. DOI: https://doi.org/10.17308/econ.2023.1/10965

37. *Индекс готовности приоритетных отраслей экономики Российской Федерации к внедрению искусственного интеллекта* (2024) Аналитический доклад. М.: Национальный центр развития искусственного интеллекта при Правительстве Российской Федерации. [online] Available at: https://ai.gov.ru/upload/iblock/ded/lylk7r3ntjjjlg1qxruy3hf45i9uma6p.pdf [Accessed 18.02.2025]. (In Russian)

38. Тодорович С. (2024) Цифровая трансформация как стратегия роста бизнеса: барьеры и перспективы для российских компаний. *Прогрессивная экономика*, 11, 75–86. DOI: https://doi.org/10.54861/27131211_2024_11_75

39. Казанбиева А.Х., Гасанова А.Д. (2024) Инновационные подходы к цифровой трансформации в современной промышленности России: перспективы и вызовы. *Вестник Академии знаний*, 3 (62), 215–223.

40. Мельников А.С., Калабина Е.Г. (2024) Барьеры распространения цифровых технологий в деятельности российских компаний: причины и последствия. *Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова*, 21 (6), 33–45. DOI: https://doi.org/10.21686/2413-2829-2024-6-33-45

41. Thordsen T., Murawski M., Bick M. (2020) How to Measure Digitalization? A Critical Evaluation of Digital Maturity Models. In: *Responsible Design, Implementation and Use of Information and Communication Technology. I3E 2020* (eds. M. Hattingh, M. Matthee, H. Smuts, I. Pappas, Y. Dwivedi, M. Mäntymäki), 12066, 358–369. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-44999-5_30

42. Remane G., Hanelt A., Wiesboeck F., Kolbe L. (2017) Digital Maturity in Traditional Industries – an Exploratory Analysis. *Proceedings of the 25th European Conference on Information Systems* (*ECIS*), 1–15.

43. Абдрахманова Г.И., Зинина Т.С., Киселёва Е.В., Нечаева Е.Г., Рудник П.Б., Фролов М.С. (2024) Цифровые технологии в бизнесе: практики и барьеры использования. *Мониторинг Цифровой Трансформации Бизнеса*, 1. DOI: https://doi.org/10.17323/ISSEK_BDTM_1

44. The Digital Advantage: How Digital Leaders Outperform their Peers in Every Industry (2017) *Capgemini Consulting and MIT Sloan Management*. [online] Available at: https://www.the-digital-insurer.com/wp-content/uploads/2014/04/189-The_Digital_Advantage__How_Digital_Leaders_Outperform_their_Peers_in_Every_Industry.pdf [Accessed 01.10.2024]

45. Aras A., Büyüközkan G. (2023) Digital Transformation Journey Guidance: A Holistic Digital Maturity Model Based on a Systematic Literature Review. *Systems*, 11 (4), art. no. 213. DOI: https://doi.org/10.3390/systems11040213

46. Borissova D., Naidenov N., Yoshinov R. (2024) Digital Transformation Assessment Model Based on Indicators for Operational and Organizational Readiness and Business Value. In: *Advanced Research*

in Technologies, Information, Innovation and Sustainability. ARTIIS 2023 (eds. T. Guarda, F. Portela, J.M. Diaz-Nafria), 1935, 457–467. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-48858-0_36

REFERENCES

1. Kobara Y.M., Akpan I.J. (2023) Bibliometric Performance and Future Relevance of Virtual Manufacturing Technology in the Fourth Industrial Revolution. *Systems*, 11 (10), art. no. 524. DOI: https://doi.org/10.3390/systems11100524

2. Braña F.J. (2019) A fourth industrial revolution? Digital transformation, labor and work organization: a view from Spain. *Journal of Industrial and Business Economics*, 46, 415–430. DOI: https://doi.org/10.1007/s40812-019-00122-0

3. Lee S., Jo D. (2021) Determinants of Technology-Based Self-Service Acceptance. In: *Data Science and Digital Transformation in the Fourth Industrial Revolution* (eds. J. Kim, R. Lee), 929, 39–51. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-64769-8_4

4. Nedelkoska L., Quintini G. (2018) Automation, skills use and training. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, 202. DOI: https://dx.doi.org/10.1787/2e2f4eea-en

5. OECD (2017) *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*, Paris: OECD Publishing. DOI: https://dx.doi.org/10.1787/9789264271036-en

6. Campilho R.D.S.G., Silva F.J.G. (2023) Industrial Process Improvement by Automation and Robotics. *Machines*, 11 (11), art. no. 1011. DOI: https://doi.org/10.3390/machines11111011

7. Antipov D.V., Tkachenko I.S. (2024) Investigation of the impact of robotization of enterprise processes on the performance of the production system. *News of the Tula State University. Technical sciences*, 1, 374–378. DOI: https://doi.org/10.24412/2071-6168-2024-1-374-375

8. Jovith A.A., Ranganathan C.S., Priya S., Vijayakumar R., Kohila R., Prakash S. (2024) Industrial IoT Sensor Networks and Cloud Analytics for Monitoring Equipment Insights and Operational Data. *2024 10th International Conference on Communication and Signal Processing* (*ICCSP*), 1356–1361. DOI: https://doi.org/10.1109/ICCSP60870.2024.10543619

9. Syafrudin M., Alfian G., Fitriyani N.L., Rhee J. (2018) Performance Analysis of IoT-Based Sensor, Big Data Processing, and Machine Learning Model for Real-Time Monitoring System in Automotive Manufacturing. *Sensors*, 18 (9), art. no. 2946. DOI: https://doi.org/10.3390/s18092946

10. Ubozhenko E.V., Kruteeva O.V., Vdovin S.A. (2021) Economic justification for the introduction of digital technology "Internet of Things" in the company's activities. *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava* [*Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*], 11–1, 92–101. DOI: https://doi.org/10.17513/vaael.1900

11. Chachin P. (2017) Internet veshchei ukrepliaet pozitsii na rossiiskom rynke [Internet of Things Strengthens Positions on Russian Market]. *Electronics: Science, Technology, Business*, 5 (165), 142–149. DOI: https://doi.org/10.22184/1992-4178.2017.165.5.142.149

12. Kupriyanovsky V., Namiot D., Drozhzhinov V., Kupriyanovsky J., Ivanov M. (2016) Internet of Things in industrial plants. *International Journal of Open Information Technologies*, 4 (12), 69–78.

13. Gorodnova N.V., Shablova E.G. (2024) The development of the industrial Internet of Things in Russia: economic analysis and legal aspects. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 14 (6), 2753–2772. DOI: https://doi.org/10.18334/epp.14.6.121163

14. Rahul K., Banyal R.K., Arora N. (2023) A systematic review on big data applications and scope for industrial processing and healthcare sectors. *Journal of Big Data*, 10, art. no. 133. DOI: https://doi.org/10.1186/s40537-023-00808-2

15. Korolev O.L., Apatova N.V., Krulikovskiy A.P. (2017) «Big data» as a factor in the change of decisionmaking processes in the economy. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 10 (4), 31–38. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.10403

16. Masserov D.D., Masserov D.A. (2022) Analysis, challenges and opportunities for the use of big data in urban management. *Scientific Review. Technical Sciences*, 6, 27–31. DOI: https://doi.org/10.17513/srts.1416

17. Chizhov S.A., Suyts V.P. (2021) Factors influencing companies' implementation of big data analytics. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 6–1, 106–114. DOI: https://doi.org/10.17513/vaael.1735

18. Федорова Л.А., Ху Г., Хуан С., Землякова С.А. (2020) Применение технологий Big Data в деятельности современных предприятий. *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava* [*Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*], 9–2, 322–329. DOI: https://doi.org/10.17513/vaael.1337

19. Kelchevskaya N.R., Kolyasnikov M.S. (2020) Big Data in strategic knowledge management for a company following Industry 4.0 trends. *Leadership and Management*, 7 (3), 405–426. DOI: https://doi.org/10.18334/lim.7.3.110662

20. Vladimirov I.V., Sidorov A.Yu., Vicentiy A.V. (2023) The current state of the market for cloud technologies for business and industry. *Smart Digital Economy*, 3 (2), 35–46.

21. Indyk D.S. (2018) Organizational aspects of using cloud technologies in the business activity of the enterprises. *Politechnical Student Journal of BMSTU*, 4 (21), art. no. 12. DOI: https://doi.org/10.18698/2541-8009-2018-4-299

22. Repina M.O. (2024) Development of cloud technology in Russia: solution architecture and prospects. *Russian Journal of Innovation Economics*, 14 (4), 1169–1190. DOI: https://doi.org/10.18334/vinec.14.4.121856

23. Lobanov O.S., Minakov V.F., Artemyev A.V. (2014) Cloud technologies in St. Petersburg's government. *Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal* (*International Research Journal*), 1–1 (20), 67–68.

24. Chen W., Men Y., Fuster N., Osorio C., Juan A.A. (2024) Artificial Intelligence in Logistics Optimization with Sustainable Criteria: A Review. *Sustainability*, 16 (21), art. no. 9145. DOI: https://doi.org/10.3390/su16219145

25. Douaioui K., Oucheikh R., Benmoussa O., Mabrouki C. (2024) Machine Learning and Deep Learning Models for Demand Forecasting in Supply Chain Management: A Critical Review. *Applied System Innovation*, 7 (5), art. no. 93. DOI: https://doi.org/10.3390/asi7050093

26. Giuffrida N., Fajardo-Calderin J., Masegosa A.D., Werner F., Steudter M., Pilla F. (2022) Optimization and Machine Learning Applied to Last-Mile Logistics: A Review. *Sustainability*, 14 (9), art. no. 5329. DOI: https://doi.org/10.3390/su14095329

27. Bolotskikh M., Dorokhova M. (2023) Iskusstvennyi intellekt v Rossii – 2023: trendy i perspektivy [Artificial Intelligence in Russia – 2023: Trends and Prospects]. *Iakov i Partnery* [*Jacob and Partners*]. [online] Available at: https://yakovpartners.ru/upload/iblock/c5e/c8t1wrkdne5y9a4nqlicderalwny7xh4/20231218_AI_future.pdf [Accessed 18.02.2025]. (In Russian)

28. *World Economic Forum* (2023) Global Cybersecurity Outlook 2023. [online] Available at: https://www.weforum.org/publications/global-cybersecurity-outlook-2023 [Accessed 01.11.2024]

29. Namiot D., Ilyushin E. (2024) Artificial Intelligence in Cybersecurity: Finding Malware. *International Journal of Open Information Technologies*, 12 (6), 143–149.

30. Kobzev V.V., Babkin A.V., Skorobogatov A.S. (2022) Digital transformation of industrial enterprises in the new reality. *π-Economy*, 15 (5), 7–27. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.15501

31. Gamidullaeva L.A. (2023) Industrial cluster of the region as a localized ecosystem: the role of self-organization and collaboration factors. *π-Economy*, 16 (1), 62–82. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.16105

32. Mityaeva N.V., Zavodilo O.V. (2019) Barriers to digital transformation and ways to break them. *Vestnik Saratovskogo Gosudarstvennogo Sotsial'no-Ekonomicheskogo Universiteta* [*Bulletin of the Saratov State Social and Economic University*], 3 (77), 20–24.

33. Karikova A.S. (2023) Overcoming the barriers to the digital transformation of industrial enterprises through the business model selection mechanism. *Strategic Decisions and Risk Management*, 14 (1), 74–85. DOI: https://doi.org/10.17747/2618-947X-2023-1-74-85

34. Lola I., Bakeev M. (2020) Digital Transformation in the Manufacturing Industries of Russia: an Analysis of the Business Tendencies Observations Results. *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 35 (4), 628–657. DOI: https://doi.org/10.21638/spbu05.2019.407

35. Chernysheva A., Kalygina V. (2020) Problems of Uneven Development of the Digital Economy in the Russian Regions. In: *Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development* (eds. S.I. Ashmarina, V.V. Mantulenko), 79, 974–982. DOI: https://doi.org/10.15405/epsbs.2020.03.141

36. Shchepina I.N., Maslova M.I., Gogoleva T.N. (2023) Analysis of the use of digital technologies in organisations in the regions of Russia. *Eurasian Journal of Economics and Management*, 1, 65–82. DOI: https://doi.org/10.17308/econ.2023.1/10965

37. Indeks gotovnosti prioritetnykh otraslei ekonomiki Rossiiskoi Federatsii k vnedreniiu iskusstvennogo intellekta [Index of readiness of priority sectors of the Russian economy for the implementation of artificial intelligence] (2024) *Analiticheskii doklad* [*Analytical report*]. *Moscow: Natsional'nyi tsentr razvitiia*

iskusstvennogo intellekta pri Pravitel'stve Rossiiskoi Federatsii. [online] Available at: https://ai.gov.ru/upload/iblock/ded/lylk7r3ntjjjlg1qxruy3hf45i9uma6p.pdf [Accessed 18.02.2025]. (In Russian)

38. Todorovic S. (2024) Digital transformation as a business growth strategy: barriers and prospects for Russian companies. *Progressive Economy*, 11, 75–86. DOI: https://doi.org/10.54861/27131211_2024_11_75

39. Kazanbieva A.Kh., Gasanova A.D. (2024) Innovative approaches to digital transformation in modern Russian industry: Prospects and challenges. *Bulletin of the Academy of Knowledge*, 3 (62), 215–223.

40. Melnikov A.S., Kalabina E.G. (2024) Barriers in Proliferating Digital Technologies at Russian Companies: Causes and Effects. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*, 6, 33–45. DOI: https://doi.org/10.21686/2413-2829-2024-6-33-45

41. Thordsen T., Murawski M., Bick M. (2020) How to Measure Digitalization? A Critical Evaluation of Digital Maturity Models. In: *Responsible Design, Implementation and Use of Information and Communication Technology. I3E 2020* (eds. M. Hattingh, M. Matthee, H. Smuts, I. Pappas, Y. Dwivedi, M. Mäntymäki), 12066, 358–369. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-44999-5_30

42. Remane G., Hanelt A., Wiesboeck F., Kolbe L. (2017) Digital Maturity in Traditional Industries – an Exploratory Analysis. *Proceedings of the 25th European Conference on Information Systems* (*ECIS*), 1–15.

43. Abdrakhmanova G.I., Zinina T.S., Kiseleva E.V., Nechaeva E.G., Rudnik P.B., Frolov M.S. (2024) Tsifrovye tekhnologii v biznese: praktiki i bar'ery ispol'zovaniia [Digital technologies in business: practices and barriers to use]. *Monitoring Tsifrovoi Transformatsii Biznesa* [*Monitoring Digital Business Transformation*], 1. DOI: https://doi.org/10.17323/ISSEK_BDTM_1

44. The Digital Advantage: How Digital Leaders Outperform their Peers in Every Industry (2017) *Capgemini Consulting and MIT Sloan Management*. [online] Available at: https://www.the-digital-insurer.com/wp-content/uploads/2014/04/189-The_Digital_Advantage__How_Digital_Leaders_Outperform_their_Peers_in_Every_Industry.pdf [Accessed 01.10.2024]

45. Aras A., Büyüközkan G. (2023) Digital Transformation Journey Guidance: A Holistic Digital Maturity Model Based on a Systematic Literature Review. *Systems*, 11 (4), art. no. 213. DOI: https://doi.org/10.3390/systems11040213

46. Borissova D., Naidenov N., Yoshinov R. (2024) Digital Transformation Assessment Model Based on Indicators for Operational and Organizational Readiness and Business Value. In: *Advanced Research in Technologies, Information, Innovation and Sustainability. ARTIIS 2023* (eds. T. Guarda, F. Portela, J.M. Diaz-Nafria), 1935, 457–467. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-48858-0_36

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

МЕЛЬНИКОВ Александр Сергеевич
E-mail: melnikov4work@gmail.com
Alexandr S. MELNIKOV
E-mail: melnikov4work@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6531-8912

КАЛАБИНА Елена Георгиевна
E-mail: kalabina@mail.ru
Elena G. KALABINA
E-mail: kalabina@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3952-7665

Поступила: 12.12.2024; Одобрена: 31.03.2025; Принята: 31.03.2025.
Submitted: 12.12.2024; Approved: 31.03.2025; Accepted: 31.03.2025.

π-Economy. 2025, Том 18, № 2. С. 49–72.
π-Economy. 2025, Vol. 18, No. 2. Pp. 49–72.

Региональная и отраслевая экономика
Regional and branch economy

Научная статья
УДК 338.012
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18203
EDN: https://elibrary/FOZTKO

РОССИЙСКИЙ РЫНОК ИНЖИНИРИНГОВЫХ УСЛУГ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ: СУЩНОСТЬ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

С.В. Разманова[1] ✉, Т.Н. Омышева [2], Е.Г. Чернова[3]

[1] филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта,
г. Ухта, Российская Федерация;

[2] ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», Москва, Российская Федерация;

[3] Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ s.razmanova@sng.vniigaz.gazprom.ru

Аннотация. Сегодня темпы роста отечественного рынка инжиниринга в РФ двукратно превышают мировые, и сфера инжиниринговых услуг применительно к нефтегазовой отрасли характеризуется как наиболее динамичная с большим диапазоном возможностей для российских инжиниринговых компаний в случае принятия ими функций, ранее выполняемых западными EPC-контракторами. По данным Минпромторга РФ, в 2022 году в сфере отечественного инжиниринга и промышленного дизайна действовало более 14 тыс. компаний, совокупная выручка которых составила 3,5 трлн руб. В данной статье анализируется становление современного рынка инжиниринговых и строительных услуг, начиная со второй половины XIX века до настоящего времени. Подход к понятиям «инжиниринг», «инжиниринговые услуги» в период СССР формировался в условиях государственного финансирования, однако на протяжении последних десятилетий он существенно трансформировался. В работе рассмотрены особенности отечественной терминологии и понятийного аппарата в части «инжиниринга» и «инжиниринговой деятельности». Затронута проблема отсутствия единого подхода к определению инжиниринговой деятельности в отечественной законодательной практике. Отмечено, что в перспективе понятийный аппарат в части инжиниринговой деятельности должен быть унифицирован на законодательном уровне. Кроме нормативных изменений, таких как законодательное закрепление понятия «инжиниринговая деятельность» и создание реестра специализированных организаций, стимулирование отрасли будет осуществляться за счет государственных субсидий и программ заемного финансирования участников рынка инжиниринговых услуг. Рассмотрены динамика стоимостных объемов (с 2013 по 2023 год), а также текущие ограничения и перспективные тенденции развития российского рынка инжиниринговых услуг в нефтегазовом секторе. Авторы подчеркивают, что основной недостаток российских и зарубежных компаний, препятствующий созданию сбалансированного отечественного рынка инжиниринговых услуг, заключается в отсутствии надлежащих компетенций на стадии управления проектом. Подчеркнуто, что рынок инжиниринговых услуг в нефтегазовой отрасли напрямую зависит от ситуации на рынке разведки и добычи нефти и газа.

Ключевые слова: инжиниринг, нефтегазовая отрасль, конкурентоспособность, рынок инжиниринговых услуг

Для цитирования: Разманова С.В., Омышева Т.Н., Чернова Е.Г. (2025) Российский рынок инжиниринговых услуг в нефтегазовой отрасли: сущность и современное состояние. π-Economy, 18 (2), 49–72. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18203

© Разманова С.В., Омышева Т.Н., Чернова Е.Г., 2025. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18203

RUSSIAN MARKET OF ENGINEERING SERVICES IN OIL AND GAS INDUSTRY: FUNDAMENTALS AND STATE OF THE ART

S.V. Razmanova[1] ✉, T.N. Omysheva[2], E.G. Chernova[3]

[1] Gazprom VNIIGAZ, Ukhta Branch Office, Ukhta, Russian Federation;
[2] LUKOIL-Engineering LLC, Moscow, Russian Federation;
[3] St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation

✉ s.razmanova@sng.vniigaz.gazprom.ru

Abstract. Today, the domestic engineering market in the Russian Federation is growing twice as fast as the global one. The field of engineering services provided in the oil and gas industry is characterized as the most dynamic with a wide range of opportunities for Russian engineering companies if they take on functions previously performed by Western EPC contractors. This article analyzes the formation of the modern market for engineering and construction services, starting from the second half of the 19th century to the present. While the first approach to such concepts as engineering and engineering services was formulated during the Soviet period with its state funding, it has been significantly transformed but over the past decades. The paper considers the specifics of Russian terminology and conceptual framework describing engineering and engineering activities. We touch upon such issue as the lack of a unified approach to the definition of engineering activities in Russian legislative practice. It is noted that the conceptual framework for engineering activities should be unified at the legislative level in the future. The dynamics of value volumes (from 2013 to 2023) as well as current and future trends in the development of the Russian market of engineering services are considered. The authors emphasize that the main drawback of Russian and foreign companies hindering the creation of a balanced domestic market for engineering services is the lack of appropriate competencies at the project management stage. It is observed that the market for engineering services directly depends on the situation in the oil and gas exploration and production market.

Keywords: engineering, oil and gas industry, competitiveness, market of engineering services

Citation: Razmanova S.V., Omysheva T.N., Chernova E.G. (2025) Russian market of engineering services in oil and gas industry: fundamentals and state of the art. π-Economy, 18 (2), 49–72. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18203

Введение

Облик современного инжиниринга начал формироваться во второй половине XIX века и развивался параллельно со становлением отечественной нефтегазовой отрасли. Основные идеи были заложены выдающимся ученым Дмитрием Ивановичем Менделеевым, еще в далеком 1863 году, при формировании рекомендаций для управления заводом купца Василия Кокорева[1]. Им были предложены идеи непрерывной нефтеперегонки между нефтесборным пунктом, заводскими резервуарами и пристанью по трубопроводам, а также организации танкерных перевозок по воде. Фактически Д.И. Менделеевым был предложен прообраз современного технологического процесса перегонки и транспортировки нефти. Внедрив предложения ученого, завод избавился от огромных затрат на складское хранение, бочкотару и перевалку нефти и стал получать прибыль. Только идея танкерных перевозок нефти была осуществлена позже, в 1873 году. Согласно проекту Д.И. Менделеева, астраханские судовладельцы Артемьевы – Николай Иванович и Дмитрий Иванович – переоборудовали паровую лодку в судно с трюмной цистерной и осуществили первую в мире нефтеналивную перевозку по Волге.

[1] Грибова О. (2023) *Дмитрий Менделеев, его таблица, водка и нефтепереработка*. [online] Available at: https://www.kommersant.ru/doc/5812426 [Accessed 3.09.2024]. (in Russian).

© Razmanova S.V., Omysheva T.N., Chernova E.G., 2025. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Совершенствование транспортировки нефти и нефтепродуктов товариществом братьев Нобель также являлось инновационными технологиями для XIX века. Несмотря на то, что братья Нобель критиковали идеи Д.И. Менделеева относительно строительства нефтепровода, впоследствии именно с их финансированием и лоббированием связано строительство бакинского нефтепровода в 1880 годах. Выдающийся инженер и изобретатель В.Г. Шухов, сотрудник технологической конторы Александра Бари, спроектировал нефтепровод, построенный в районе Баку. Им же были разработаны конструкции вертикальных резервуаров для хранилищ сырой нефти[2].

После революции 1917 года государством был взят курс на создание проектно-изыскательских организаций, и инжиниринг стал развиваться преимущественно за счет государственного финансирования. В нефтегазовой отрасли еще в 1928 году был создан институт «Гипронефть»[3]. Его специалистами выполнялся полный комплекс предпроектных, проектных, инжиниринговых работ и услуг в области обустройства месторождений и переработки нефти и природного газа.

После Великой Отечественной войны появилась необходимость выделения газовой отрасли и организации отдельного института, способного решать весь комплекс задач, связанных с добычей газа. Именно поэтому в 1948 году был учрежден Всесоюзный НИИ природных газов – «Газпром ВНИИГАЗ»[4]. Уже в последующие годы в СССР появились ВНИИ по переработке нефти и газа и прочие научно-проектные институты. Все они успешно решали целый спектр научно-инженерных проблем, стоявших перед нефтегазовым комплексом страны. В частности, «Газпром ВНИИГАЗ» проектировал первые в СССР магистральные газопроводы «Бугуруслан – Куйбышев» и «Саратов – Москва», «ВНИПИнефть» – типовые установки электрообессоливания и алкилирования нефти, а также другие крупные промышленные объекты (включая заводы).

В последнем десятилетии XX века в связи с переходом от плановой социалистической к рыночной капиталистической экономике сложившаяся система инжиниринга практически была ликвидирована. НИИ, работавшие в нефтегазовой сфере, смогли выжить, несмотря на отсутствие государственного финансирования, задержки зарплаты и бартерные взаимозачеты, за счет заказов нефтегазовых предприятий. Однако и для них объем договорных работ существенно снизился.

В начале 2000-х годов ситуация стала постепенно выправляться, в нефтегазовой отрасли активно осуществлялись процессы передела собственности и концентрации капитала. Происходило становление и развитие отечественных вертикально-интегрированных компаний (ВИНК), которые формировали собственные портфели активов в добыче и переработке. Однако без внедрения новых технологий и перспективных решений российские ВИНК не могли оставаться конкурентоспособными как на мировом, так и отечественном рынке. Поэтому крупные корпорации стали приобретать научные и проектные институты. Так, еще в процессе становления компании ПАО «ЛУКОЙЛ» в ее структуру в 2001 году вошел «Нижнегородниинефтепроект».

В 2009 году был создан корпоративный научно-исследовательский и проектный институт бизнес-сегмента «Геологоразведка и добыча» ПАО «ЛУКОЙЛ». Институты, входящие в состав «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», имеют выдающуюся историю и успешно сотрудничают для реализации инновационных проектов, повышающих эффективность работы организации. Спектр работ предприятия охватывает полный комплекс услуг для нефтегазодобывающих дочерних обществ ПАО «ЛУКОЙЛ», в том числе обеспечивает научное сопровождение всех крупных

[2] Борисов Г. (2023) *Незаметный и важный бизнес*. [online] Available at: https://oilcapital.ru/news/2023-03-01/nezametnyy-i-vazhnyy-biznes-2673797 [Accessed 3.09.2024]. (in Russian).

[3] С 1968 года – «ВНИПИнефть».

[4] Ранее, в июле 1943 года также был создан Всесоюзный институт по проектированию предприятий искусственного жидкого топлива и газа – «Гипрогазтоппром».

капитальных и приоритетных проектов головной компании в сфере разведки и освоения месторождений[5].

Иногда государство само включало научные и проектные институты в состав учреждаемых им компаний, подобно НИПИГАЗ, перешедшему в структуру компании «СИБУР» в 1995 году. Зачастую ВИНК создавали собственные инжиниринговые центры. Появились на инжиниринговом рынке и новые независимые игроки, такие как технологический инжиниринговый холдинг «ПЕТОН».

Бурный рост отечественного топливно-энергетического комплекса в начале XXI века не остался без внимания ведущих мировых корпораций, известных ныне как «супермейджоры» (ExxonMobil, Chevron, Shell и BP), а также многих независимых нефтегазовых компаний (норвежских, французских, датских и др.), которые приступили к активной экспансии и разработке российских месторождений углеводородов в рамках наиболее масштабных проектов. Обратили свое внимание на российский рынок и мировые инжиниринговые компании. К примеру, Technip занимался разработкой конструкций гравитационных платформ для проекта «Арктик СПГ-2», реализуемого ПАО «НОВАТЕК». На протяжении последних десяти лет российские корпорации активно создавали совместные предприятия (СП) с зарубежными инжиниринговыми компаниями. Среди них можно назвать «Газпром Линде Инжиниринг», учрежденную АО «РусГазДобыча», ПАО «Газпром» и немецкой компанией Linde в 2019 году. В рамках проекта «Арктик СПГ-2» ПАО «НОВАТЕК» фактически осуществил на территории РФ «локализацию инновационных технологий сжижения газа (Air Products AP-C3MR и Linde), приобрел необходимый опыт и компетенции и получил «практически полный перечень технологий для строительства заводов по сжижению газа» [1]. Спустя три года ООО «РусХимАльянс», являющееся дочерней компанией ПАО «Газпром» и АО «РусГазДобыча» и реализующее проект строительства комплекса по производству и переработке сжиженного природного газа (СПГ) в порту Усть-Луга, инициировало разбирательство в отношении вышедшей из него Linde и через суд добилось наложения ареста на долю Linde в «Газпром Линде Инжиниринг».

До 2014 года на рынке РФ преобладали зарубежные инжиниринговые компании. Это обстоятельство можно объяснить стремлением крупных отраслевых корпораций к сотрудничеству с зарубежными фирмами по причинам налаженных связей последних по линии взаимодействия с лицензиарами технологий и поставщиками оборудования, современного программного обеспечения и систем электронного документооборота. К тому же, в отличие от зарубежных коллег, отечественные инжиниринговые компании предпочитали не выступать генеральными подрядчикам и практически не могли предложить EPC-решения[6].

Санкции западных стран после 2014 года и массовый уход из РФ иностранных фирм в 2022 году ограничили ввод ранее запланированных инвестиционных объектов, поскольку в реализации этих мегапроектов были задействованы как зарубежные инжиниринговые компании, так и импортное оборудование. Так, по данным Банка России[7] [5], в 2021 году Россия закупила услуги в области архитектуры, инженерных услуг и услуг в технических областях на 5,1 млрд USD (в 2020 году – на 3,2 млрд USD). Наибольший объем услуг предоставили компании из стран ЕС (2,9 млрд USD), включая Нидерланды (1,1 млрд USD) и Германию (0,8 млрд USD). Инжиниринговые компании КНР поставили в Россию услуги на 0,5 млрд USD. В течение 2022 и 2023 годов многие иностранные поставщики ушли с рынка РФ, в связи с чем отечественным производителям потребовалась альтернатива. Однако массового переноса сроков реализации мегапроектов не произошло. Исключение составляет проект Обского газохимического комплекса (ГХК) компании ПАО «НОВАТЕК». Первоначально предполагалось строительство «Обского

[5] Главпортал (2019) *ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»: 10 лет высоких технологий в нефтегазовой отрасли*. [online] Available at: https://glavportal.com/materials/lukojl-inzhiniring-10-let-vysokih-tehnologij-v-neftegazovoj-otrasli [Accessed 8.09.2024]. (in Russian).

[6] Борисов Г. (2023) *Незаметный и важный бизнес*. [online] Available at: https://oilcapital.ru/news/2023-03-01/nezametnyy-i-vazhnyy-biznes-2673797 [Accessed 3.09.2024]. (in Russian).

[7] РБК (2024) *Минпромторг предложил поддерживать инжиниринговые компании субсидиями*. [online] Available at: https://www.rbc.ru/business/21/06/2024/66745f449a79475653c817da [Accessed 3.09.2024]. (in Russian).

СПГ»[8] для опробования на нем отечественной технологии «Арктический каскад», предусматривавшей один контур охлаждения вместо обычно применяемых двух, поскольку предварительное охлаждение газа происходит за счет низких температур воздуха в Арктике. Однако после проблем с оборудованием на 4-й линии «Ямал СПГ», созданной по этой технологии, проект был переориентирован на газохимию под новым названием – «Обский ГХК». Газохимический комплекс был рассчитан на производство аммиака в объеме 2,2 млн т/год и водорода – 130 тыс. т/год. Запуск проекта намечался на 2026 год, но в настоящее время сроки его реализации сдвинуты.

Сегодня в условиях постоянных форс-мажорных обстоятельств на региональных рынках нефти и газа для российских инжиниринговых компаний открывается «окно возможностей», поскольку они могут взять на себя функции западных EPC-контракторов. Безусловно, в нефтегазовой отрасли реально получить подобный карт-бланш могут далеко не все инжиниринговые компании, но таким участникам рынка, как НИПИГАЗ или холдинг «ПЕТОН», задача вполне по силам.

ВИНК нефтегазового сектора, формируя спрос на проектные работы, оказывают косвенное влияние на стимулирование отечественного инжинирингового рынка, участники которого, с одной стороны, ориентированы на получение и выполнение заказов в области проектирования и сопровождения технологических процессов, а с другой – на выполнение связующей роли в импортозамещении комплектующих изделий для оборудования нефтегазового комплекса.

Цель данной работы состоит в анализе динамики развития российского рынка инжиниринговых услуг в нефтегазовой сфере. Объектом исследования является отечественный рынок инжиниринговых услуг. Предметом исследования – объем российского рынка, основные тенденции и перспективы развития рынка инжиниринговых услуг в РФ. Сквозными, для проводимого исследования, стали следующие базовые вопросы: во-первых, история становления современного отечественного рынка инжиниринга; во-вторых, трансформация понятий «инжиниринг» и «инжиниринговые услуги» в нормативно-законодательной практике РФ – начиная с 1990-х годов и до настоящего времени.

Методы

При исследовании объемов и динамики рынка инжиниринговых услуг использовались данные зарубежных и отечественных консалтинговых компаний, материалы энергетических компаний. Оценка тенденций развития российского инжинирингового рынка выполнена на базе изучения отечественных и зарубежных публикаций по проблемам инжиниринга. Основу для анализа понятийного аппарата в области инжиниринга составили отечественные нормативно-правовые документы, отраслевые стандарты, а также научные публикации, справочники и энциклопедии.

В процессе анализа использовались общенаучные способы исследования: методы сравнения, обобщения и систематизации.

Сущность понятия «инжиниринг», особенности отечественной терминологии

В первом разделе отмечалось, что отечественный инжиниринг после революции 1917 года стал развиваться в русле бюджетного финансирования, и это коренным образом отличало его от устоявшейся мировой практики. Следствие этих процессов проявилось в различных понятийных базах и в разночтениях в методах решения инженерных задач и организации инженерного дела [2–4]. В СССР под инжиниринговыми услугами фактически подразумевались инженерные изыскания, проектирование, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИР и ОКР), деятельность в области авторского надзора. По существу данная терминология сохраняется в России и по настоящее время (табл. 1). В мировой практике под

[8] «Обский СПГ» был нацелен на обкатку российского основного оборудования для сжижения газа по технологии «Арктический каскад», на которую ПАО «НОВАТЭК» получило патент. Другие СПГ-проекты ПАО «НОВАТЭК» реализованы и планировались к реализации на западном оборудовании и технологиях сжижения (американской APCI для «Ямал СПГ») и немецкой Linde для «Арктик СПГ-2»).

инжиниринговой деятельностью подразумевается синтез передовых технологий, научных разработок и инвестиций с целью создания или совершенствования каких-либо структур, систем, процессов. Иными словами – применение научных знаний с целью коммерциализации услуг в области инженерного консалтинга, реконструкции, нового строительства, создания уникального оборудования. В трактовке авторов [4–6], рассматривающих особенности западного подхода к инжинирингу, последний «...представляет собой профессиональную предпринимательскую деятельность, которая направлена на предоставление интеллектуальных услуг по трансформации научных знаний и достижений в востребованную рынком продукцию с добавленной потребительской ценностью...».

Существующие в справочной литературе и нормативных актах определения понятия «инжиниринг» также отправляют нас к различным родовым понятиям, таким как «сфера деятельности», «одна из форм международных коммерческих связей в сфере науки и техники», «экономическая сфера деятельности по разработке объектов промышленности, их инфраструктуры», «предоставление на коммерческой основе инженерных консультационных услуг» и др. [7]. На данный момент в законодательстве так и не сложилось единого определения инжиниринга как вида деятельности, а в действующих нормативно-правовых актах встречаются совершенно различные трактовки данного понятия (табл. 1).

Таким образом, мы видим, что понятие «инжиниринг» в течение последних двадцати лет существенно трансформировалось и вобрало в себя новые смыслы и виды деятельности. В самом общем смысле под инжинирингом можно подразумевать совокупность проектных и практических работ, относящихся к области инженерно-технической науки и необходимых для завершения строительства и/или производства уникального проектного оборудования. Вполне возможно, что нормативно-правовые акты, которые будут приняты в ближайшие годы, несколько расширят его определение.

Применительно к нефтегазовой отрасли рынок инжиниринговых услуг является частью рынка услуг, которые зависят от темпов развития основного рынка – рынка разведки и добычи нефти и газа. Это относится ко всему спектру инжиниринговых услуг – геологоразведке (геоинформационные технологии поиска залежей углеводородов, космическое зондирование, 3D-, 4D- и сейсмическая разведка), инженерно-техническому проектированию разработки месторождений (трехмерное геологическое и гидродинамическое моделирование объекта разработки, проектирование, проектная документация на строительство скважин), процессам добычи (использование когнитивных информационных систем, робототехники, выявление неэффективных скважин), транспортировки и строительства нефте- и газопроводов (реконструкция и действующей и строительство новой инфраструктуры) [2, 8, 9].

С позиций разработки действующих месторождений углеводородов инжиниринговые услуги можно определить как поиск и внедрение оптимальных с точки зрения экономического эффекта технических решений, направленных на адаптацию технологических параметров существующей инфраструктуры месторождений перспективным профилям добычи/закачки, а также на снижение сопутствующих инфраструктурных рисков [10, 11].

Отметим, что согласно распоряжению Правительства РФ от 11.06.2020 № 1546-р «Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») в области инжиниринга и промышленного дизайна» к 2025 году должно быть введено единое нормативное определение инжиниринговой деятельности, деятельности по промышленному дизайну и должны быть установлены требования к инжиниринговым компаниям, инжиниринговым центрам, а также организациям сектора промышленного дизайна. В соответствии с «дорожной картой» по развитию инжиниринга объем внутреннего рынка инжиниринговых услуг к 2025 году планируется увеличить с 2,8 до 3,9 трлн руб., а также предусматривается рост доли EPC-контрактов с 30 до 40% от заключаемых на рынке[9].

[9] Зайцев С. (2020) *Мостик между наукой и производством. Что такое инжиниринг?* [online] Available at: https://aif.ru/society/science/mostik_mezhdu_naukoy_i_proizvodstvom_chto_takoe_inzhiniring?ysclid=m0tp77ryo8106074895 [Accessed 8.09.2024]. (in Russian).

Для создания системы господдержки инжиниринговых компаний и организаций, специализирующихся на промышленном дизайне, Минпромторг РФ еще в 2023 году разработал поправки в закон о промышленной политике, которые были приняты Госдумой РФ в июне 2024 года. Внесенные поправки закрепляют в законе о промышленной политике следующие понятия: «инжиниринговая организация (инжиниринговый центр) в сфере создания промышленной продукции», «инжиниринговая организация (инжиниринговый центр) в сфере создания промышленного производства», «инжиниринговые услуги (инжиниринговая деятельность) в сфере создания промышленной продукции», «инжиниринговые услуги (инжиниринговая деятельность) в сфере создания промышленного производства»[10]. Предполагается, что введение данных понятий заложит основы для развития в РФ индустрии инжиниринга. После согласования понятийного аппарата в части инжиниринговой деятельности будут внесены изменения в Налоговый кодекс РФ, приказ Минпромторга России от 13 августа 2015 года № 2343 «Об утверждении Концепции мониторинга развития рынка инжиниринговых услуг и промышленного дизайна», ГОСТ Р 15.011-96 «Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения».

Современное состояние и тенденции развития инжинирингового рынка в РФ

Инжиниринговые услуги выполняют ведущую роль в развитии различных отраслей промышленности и экономики в целом. По существу, они охватывают направления проектирования, строительства, реконструкции и модернизации объектов, а также консалтинговой деятельности в части технических вопросов. Рост спроса на инжиниринговые услуги свидетельствует о необходимости реконструкции и модернизации производственных мощностей, внедрения новых технологий с целью усиления конкурентоспособных позиций компаний.

Зарубежные исследователи достаточно активно изучают различные аспекты осуществления инжиниринговых проектов. В сравнении с отечественными учеными ими исследуется значительно более широкий спектр проблем инжиниринга. Это объясняется тем, что внедрение инжиниринга в РФ происходило лишь в последние 10–15 лет, поэтому отсутствует достаточное количество открытых статистических данных для анализа, включая данные по EPC-контрактам, а также отечественных кейсов, подробно описывающих реализацию крупных инжиниринговых проектов. Вместе с тем по некоторым проблематикам зарубежные и отечественные ученые дополняют друг друга. Взаимосвязь между управлением качеством и эффективностью в проектах EPC рассматривается в работах Z. Shen, X. Wei et al. [12], K. Mukilan, C. Rameshbabu, B. Baranitharan et al. [13], S.D. Salmasi, M. Sepehri, Y. Dadashzadeh [14]. Вопросам взаимосвязи между различными процессами проекта[11] и его успешностью посвящены работы H.T. Nguyen, B.H.W. Hadikusumo [15], P. Amirtash, M. Parchami Jalal, M.B. Jelodar [16]. Причины отклонений в бюджетах проекта и финансирование расходов в случае отклонений при выполнении работ по контрактным стандартам описаны авторами S.D. Salmasi, M. Sepehri, Y. Dadashzadeh [14], I.B. Sarwani, I. Baihaqi, C. Utomo [17], M. Gmoser, L. Steinschaden, D. Heck [18], D. Car-Pušić, K. Tijanić et al. [18], R. Derakhshanalavijeh, J.M.C. Teixeira [20], M.A. Ashtari, R. Ansari et al. [21], Н.В. Зыковой, С.Ю. Агауровым [11], М.К. Гимадетдиновым, Д.А. Шерстобитовым, И.А. Шевченко [22].

Применение бережливого режима управления строительством EPC-проекта на основе BIM-технологий и виртуального стоимостного инжиниринга описано в статьях Zhu Zhijie, Jiang Xiangyang, Ma Yikui, Fu Hanghang, Wang Ran [23], В.С. Воробьева, И. О. Моисеевой [24].

Рискам инжинирингового проекта в процессе жизненного цикла и их оценке посвящены работы H. Zhou, Y. Zhao et al. [10], K. Koc, A.P. Gurgun [25], A Nurdiana, R. Susanti [26].

[10] Сделано в России (2023) *Минпромторг внес в правительство предложения по развитию российского инжиниринга*. [online] Available at: https://madeinrussia.ru/ru/news/25811 [Accessed 3.09.2024]. (in Russian).

[11] В соответствии со стандартом управления проектами PBMOK (или PBMOK Guide), разработанного Американским институтом управления проектами (PMI – Project Management Institute).

Таблица 1. Сущность понятий «инжиниринг» и «инжиниринговые услуги» в нормативно-правовых актах РФ
Table 1. The essence of the concepts of “engineering” and “engineering services” in the regulatory legal acts of the Russian Federation

Наименование нормативно-правового акта	Определение инжиниринга, инжиниринговых услуг
ГОСТ Р 15.011-96 «Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения»	«...Инжиниринг – выполнение различных инженерных работ, оказание консультационных услуг на коммерческой основе...»
МДС 80-12.2000 «Методические рекомендации по разработке условий (требований) инвестора (заказчика) при подготовке подрядных торгов»	«...Инжиниринг – инженерно-консультационные услуги, связанные с подготовкой производственного процесса и обеспечением нормального хода процесса производства и реализации продукции...»
Статья 148 «Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая)» от 05.08.2000 № 117-ФЗ (ред. от 08.08.2024)	«...инженерно-консультационные услуги по подготовке процесса производства и реализации продукции (работ, услуг), подготовке строительства и эксплуатации промышленных, инфраструктурных, сельскохозяйственных и других объектов, предпроектные и проектные услуги (подготовка технико-экономических обоснований, проектно-конструкторские разработки и другие подобные услуги)...»
Постановление Росстата от 08.11.2006 № 64 (ред. от 01.04.2014) «Об утверждении Порядка заполнения и представления формы федерального государственного статистического наблюдения № 1-лицензия „Сведения о коммерческом обмене технологиями с зарубежными странами (партнерами)“» и Приказ Росстата от 26.12.2014 № 725 (ред. от 13.11.2017) «Об утверждении Указаний по заполнению формы федерального статистического наблюдения № 1-лицензия „Сведения о коммерческом обмене технологиями с зарубежными странами (партнерами) “» Приказ Росстата от 30.07.2021 № 458 (ред. от 11.01.2024) «Об утверждении форм федерального статистического наблюдения для организации федерального статистического наблюдения за внутренней и внешней торговлей, платными услугами населению, транспортом и административными правонарушениями в сфере экономики» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2024)	«...Под инжинирингом понимается выполнение по контракту с заказчиком инженерно-консультационных услуг по подготовке, обеспечению процесса производства и реализации продукции, обслуживанию строительства и эксплуатации промышленных, инфраструктурных и прочих объектов...» В более новой версии приказа Росстата данное определение отсутствует.
ГОСТ Р 54147-2010 «Стратегический и инновационный менеджмент. Термины и определения»	«...Инжиниринг – деятельность исследовательского, проектно-конструкторского, расчетно-аналитического характера, подготовка технико-экономических обоснований проектов, выработка рекомендаций в области организации...»
«Договор о Евразийском экономическом союзе» (подписан в г. Астане 29.05.2014) (ред. от 25.05.2023)	«...инженерно-консультационные услуги по подготовке процесса производства и реализации товаров (работ, услуг), подготовке строительства и эксплуатации промышленных, инфраструктурных, сельскохозяйственных и других объектов, а также предпроектные и проектные услуги (подготовка технико-экономических обоснований, проектно-конструкторские разработки, технические испытания и анализ результатов таких испытаний)...»
Пункт 14 статьи 3 Федерального закона от 31.12.2014 № 488-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «О промышленной политике в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.07.2024)	«...инжиниринговый центр – юридическое лицо, оказывающее инженерно-консультационные услуги по подготовке процесса производства и реализации продукции (работ, услуг), подготовке строительства и эксплуатации промышленных, инфраструктурных и других объектов, предпроектные и проектные услуги...»
Федеральный закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «О промышленной политике в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.07.2024)	«...инженерно-консультационные услуги по подготовке процесса производства и реализации продукции (работ, услуг), подготовке строительства и эксплуатации промышленных, инфраструктурных и других объектов, предпроектные и проектные услуги...»
Постановление Правительства РФ от 01.08.2020 № 1156 (ред. от 11.02.2021) «Об утверждении Правил предоставления грантов в форме субсидий из федерального бюджета на реализацию проектов по созданию и развитию инжиниринговых центров на базе образовательных организаций высшего образования и научных организаций»	«...инженерно-консультационные услуги проектно-конструкторского, расчетно-аналитического характера, включающие инженерно-техническое проектирование изделий, технологических (производственных) процессов, объектов капитального строительства, инженерно-технические консультации, услуги управления проектами и иные услуги, включающие в себя обучение персонала организаций, связанное с освоением новых производственных технологий...»
ГОСТ Р 57306-2016 «Национальный стандарт Российской Федерации. Инжиниринг. Терминология и основные понятия в области инжиниринга» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 30.11.2016 № 1907-ст)	«...инжиниринг (engineering): инженерно-консультационная деятельность, содержанием которой является решение инженерных задач, связанных с созданием или совершенствованием продукции, систем и (или) процессов... инжиниринговые услуги (engineering services): интеллектуальные задачи, решаемые в ходе одного либо всех этапов жизненного цикла какого-либо продукта, процесса либо сооружения специализирующимися в определенной сфере (либо обученными) профессионалами...»
Решение Совета глав правительств СНГ «О Концепции научно-технического и технологического сотрудничества государств – участников СНГ и Плане мероприятий по ее реализации» (принято в г. Астане 28.10.2022)	«Инжиниринг – область интеллектуальной деятельности, задачей которой является применение достижений науки, техники, технологий, использование законов природы и ресурсов для решения конкретных проблем, целей и задач...»

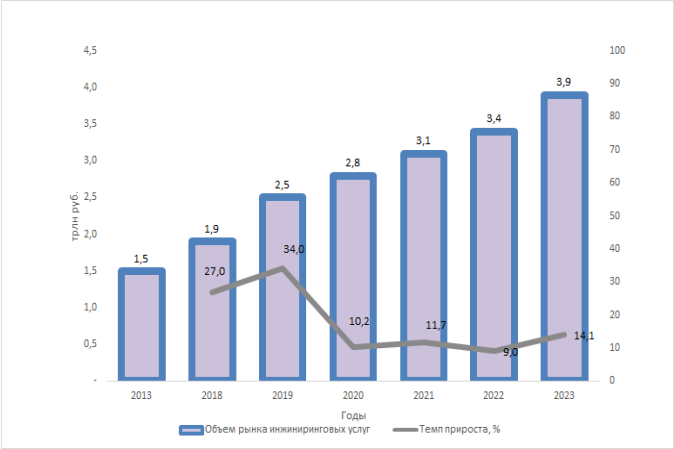


Рис. 1. Динамика объема рынка отечественных инжиниринговых услуг в стоимостном выражении[12] [34]

Fig. 1. Dynamics of the market volume of domestic engineering services in value terms[12] [34]

В работах W.P. Utama et al. [27] и Y. Tu et al. [28] рассматриваются различные модели, описывающие стратегии выбора поставщиков и выхода подрядчиков на международный рынок.

В статьях M. Dachyar, Z. Sanjiwo [29], В.И. Пасканного, А.А. Лапидуса [30], А.А. Лапидуса, С.В. Назыповой [31], С.Б. Сборщикова [32], Г.Н. Шинкаревой [33] освещаются различные аспекты инжиниринга и реинжиниринга бизнес-процессов.

Что касается развития российского рынка инжиниринговых услуг, то он представлен работами таких отечественных авторов, как Д.В. Рыбец, Е.И. Босин [5], Н.В. Василенко, П.П. Цыгляну [35], П.Г. Шеварин [34], А.А. Каверин [36], Е.А. Попов, Е.Ф. Коршенко [37], М.Р. Усманов [38], при этом ученые приводят сравнительный анализ отечественного и зарубежного рынка.

Для современного отечественного рынка характерно присутствие на нем относительно небольшого числа компаний, что приводит к неравномерному распределению долей на рынке, непрозрачности ценообразования, создает барьеры для входа на рынок и осложняет функционирование на нем для малых независимых предприятий. Эксперты отмечают, что крупные участники рынка не стремятся к долгосрочному партнерству. Сотрудничество в инжиниринговой сфере более характерно для средних компаний, которые таким образом стараются избежать недостатков в части «нишевой» направленности и поднять шансы на получение контрактов.

По итогам 2021 года объем мирового рынка инжиниринговых услуг составил 1,6 трлн USD [34–37]. Сегодня рынок инжиниринга в России по масштабам значительно уступает аналогичным рынкам зарубежных стран и составляет до 1,5% от мирового рынка. И это несмотря на то, что в отличие от мировой практики инжиниринговая услуга в РФ не закреплена в качестве единицы статистической оценки. Тем не менее темпы роста отечественного рынка превышают среднемировое значение практически в два раза. С 2013 по 2023 год (рис. 1) стоимостной объем внутреннего отечественного рынка вырос с 1,5 до 3,9 трлн руб., что составляет прирост в 2,6 раза. Однако с учетом инфляции показатель 2022 года оказался ниже уровня 2021 года на 13,8%. Это свидетельствует о том, что в 2022 году стоимостной объем рынка вырос преимущественно за счет ценового фактора, а не за счет предоставления реальных объемов услуг.

По факту 2023 года наблюдаются позитивные сдвиги: рынок вырос на 14,1 %, при этом даже с учетом высокой инфляции демонстрирует рост 0,8%, что является индикатором оживления реальной деятельности. Выделим следующие факторы роста:

[12] РБК (2024) *Объем рынка инжиниринговых услуг показал значительный рост за последние пять лет*. [online] Available at: https://marketing.rbc.ru/articles/14557/ [Accessed 3.09.2024]. (in Russian); Гидмаркет (2024) Рынок инжиниринга в России: рост и новые тренды. [online] Available at: https://gidmark.ru/news/ryinok-inzhiniringa-v-rossii-rost-i-novyie-trendyi [Accessed 5.03.2025]. (in Russian).

– Компании перестроили цепочки поставок, начали использовать локальные ресурсы и реализовывать проекты импортозамещения. Это позволило не только сохранить, но и расширить спектр услуг, предлагаемых на внутреннем рынке.

– Активное финансирование крупных инфраструктурных проектов, включая строительство жилья, медицинских и образовательных учреждений, стало мощным драйвером развития рынка. Государство продолжает инвестировать в модернизацию инфраструктуры, что создает благоприятную среду для инжиниринговых компаний.

– Рост числа проектов по модернизации старых производств и ТЭЦ, которые дешевле и быстрее, чем новое строительство, также способствует росту рынка. Эти проекты требуют высококвалифицированных инжиниринговых услуг, что стимулирует развитие отрасли. Кейс по реинжинирингу северного месторождения, является одной из работ, иллюстрирующих данный фактор [39].

Вместе с тем рынок инжиниринга переживает не самые простые времена. Крупные запланированные проекты в существующих экономических условиях откладываются или сдвигаются по срокам на более поздние периоды. В условиях роста кредитных ставок в 2024 и 2025 годах доступа к дешевым кредитным ресурсам нет, поэтому компании пересматривают инвестиционные проекты, поскольку расчетные значения показателей экономической эффективности не отвечают необходимым требованиям, в том числе и по причине длительного срока окупаемости инвестиций. Как результат – только небольшое количество компаний, обладающих достаточным объемом собственных средств для осуществления инвестиций, готовы к продолжению реализации своих проектов. Преимущественно таковыми являются нефтегазовые компании в сегменте upstream. Остальные компании проводят реконструкции и модернизации существующих производств для замены изношенного оборудования или повышения его эффективности. При этом основными ориентирами модернизации выступают рост объемов готовой продукции и снижение удельной себестоимости производства при минимизации капитальных затрат.

Показатель импортозависимости для нефтегазового оборудования в РФ в данном периоде претерпел некоторые изменения. Если в 2014 году он составлял 60 % (по отрасли в целом)[13] и по ряду позиций оборудования российские аналоги отсутствовали[14], то уже в 2020 году каждая вторая единица оборудования для нефтегазовой отрасли на российском рынке производилась внутри страны[15]. Тем самым доля импорта нефтегазового оборудования в 2020 году сократилась до 43 %. К наиболее сложному и высокотехнологичному нефтесервисному оборудованию относят телеметрические системы, обеспечивающие процесс направленного бурения. Производителями данного оборудования являются всего несколько зарубежных компаний, расположенных в развитых странах. Вместе с тем отечественные аналоги на российском рынке уже существуют, и вопрос их внедрения в масштабное производство связан исключительно с инвестициями. Аналогичная ситуация наблюдается в области производства буровых установок и разработки отечественного флота для гидроразрыва пласта (ГРП). Что касается производителей из США, то запрет на поставки оборудования был введен еще в 2014 году. Несмотря на него, иностранные производители находили возможности обходить санкции вплоть до 2022 года, в том числе за счет создания собственных дочерних компаний в странах, не поддержавших санкционные ограничения. Вплоть до 2022 года российские нефтегазовые компании приобретали нефтесервисное оборудование в странах ЕС. По оценкам Eurostat, только в 2021 году совокупный объем закупок по данному направлению составил 1,3 млрд евро.

В 2022 году крупнейшие нефтесервисные компании, на долю которых приходилось порядка 18% нефтесервисного рынка, – Weatherford, Schlumberger и Baker Hughes приостановили инвестиции, а компания Halliburton свернула деятельность в РФ. Но если Halliburton и Baker Hughes действительно покинули российский рынок, то Weatherford и SLB (ранее Schlumberger) остались.

[13] По данным Минэнерго РФ.
[14] По информации ЦДУ ТЭК.
[15] По данным Минэнерго РФ.

Наряду с нефтесервисными компаниями приостановили свою деятельность и инжиниринговые компании. Новые проекты с ПАО «Газпром» приостановила немецкая компания Linde (проект «Балтийский СПГ» – кластер, состоящий из мощностей по переработке газа и производства СПГ в Усть-Луге, а также нефтегазохимическое производство; проект «Сила Сибири»). Американская компания Honeywell в 2022 году также приняла решение покинуть проект «Арктик СПГ-2», в рамках которого использовались ее технологии. Honeywell является крупнейшим поставщиком и лицензиаром технологий переработки катализаторов и оборудования в отраслях нефте- и газопереработки, а также нефтехимии.

В 2023 году с целью стимулирования технологического развития, локализации промышленных производств и снижения рисков, ограничивающих развитие отечественного инжиниринга, Минпромторг РФ в рамках проекта концепции развития инжиниринга и промышленного дизайна предложил предоставить компаниям инжиниринговой отрасли налоговые и финансовые льготы, аналогичные тем, что действуют в IT-сфере. В частности, предлагалось освободить услуги промышленного дизайна от НДС, снизить тарифы страховых взносов с 30 до 7,6%, ставку налога на прибыль – до уровня IT-компаний (нулевая ставка до конца 2024 года)[16]. Вместе с тем в утвержденной «дорожной карте» по развитию отрасли инжиниринга и промышленного дизайна на период до 2030 года эти меры отсутствуют, поскольку предложения, касающиеся снижения налоговой нагрузки, были заблокированы Минфином. Однако ряд существенных мер поддержки в «дорожную карту» был включен. Отметим следующие:

– клиенты инжиниринговых центров и организаций промышленного дизайна смогут претендовать на компенсацию из бюджета части затрат на их услуги при условии включения инжиниринговой компании в реестр;

– инжиниринговые центры могут получать субсидии в части расходов на покупку специализированного российского программного обеспечения и на обучение специалистов инженерно-технического профиля по программам профессиональной подготовки или повышения квалификации;

– компании смогут участвовать в программах заемного финансирования[17] с целевым использованием средств Фонда развития промышленности на мероприятия инжиниринга и промышленного дизайна.

Анализируя динамику разработки и внедрения передовых производственных технологий в РФ (рис. 2), следует отметить, что число передовых производственных технологий (ППТ) в 2023 году составило 2743 ед., что на 92 % больше, чем было в 2013 году (1429 ед.). Некоторое сокращение наблюдалось в 2015 году (1398 ед.), что можно объяснить результатом санкционной политики развитых стран, но вот уже в 2022 и 2023 годах такого снижения не отмечается. Прирост числа технологий, новых для России, и принципиально новых технологий по итогам 2023 года по отношению к 2013-му составил 1133 и 179 ед. соответственно. Вместе с тем удельный показатель этих технологий в суммарном значении ППТ в 2013–2023 годах имеет тенденцию к снижению: с 28,7 до 15,1 % – в части технологий, новых для России, и с 38,6 до 13,6 % – в части принципиально новых технологий. Это свидетельствует о том, что полностью заместить ушедшие с рынка технологии по направлению «проектирование и инжиниринг» собственными разработками пока не удается.

Для поддержания и развития кадрового потенциала в области инжиниринга Минпромторг РФ и Минобрнауки РФ в 2013 году запустили Программу поддержки инжиниринговых центров на базе ведущих вузов России. С 2014 по 2023 год объем государственной поддержки составил 8,9 млрд руб. Динамика объемов выручки инжиниринговых центров представлена на рис. 3.

[16] РБК (2024) *Минпромторг предложил поддерживать инжиниринговые компании субсидиями*. [online] Available at: https://www.rbc.ru/business/21/06/2024/66745f449a79475653c817da [Accessed 3.09.2024]. (in Russian); Сделано в России (2023) *Минпромторг внес в правительство предложения по развитию российского инжиниринга*. [online] Available at: https://madeinrussia.ru/ru/news/25811 [Accessed 3.09.2024]. (in Russian).

[17] Данные программы Минпромторга, Минфина и Минэкономразвития должны разработать к началу 2025 года одновременно с предложениями по снижению стоимости заемных средств и других банковских продуктов для компаний в реестре.

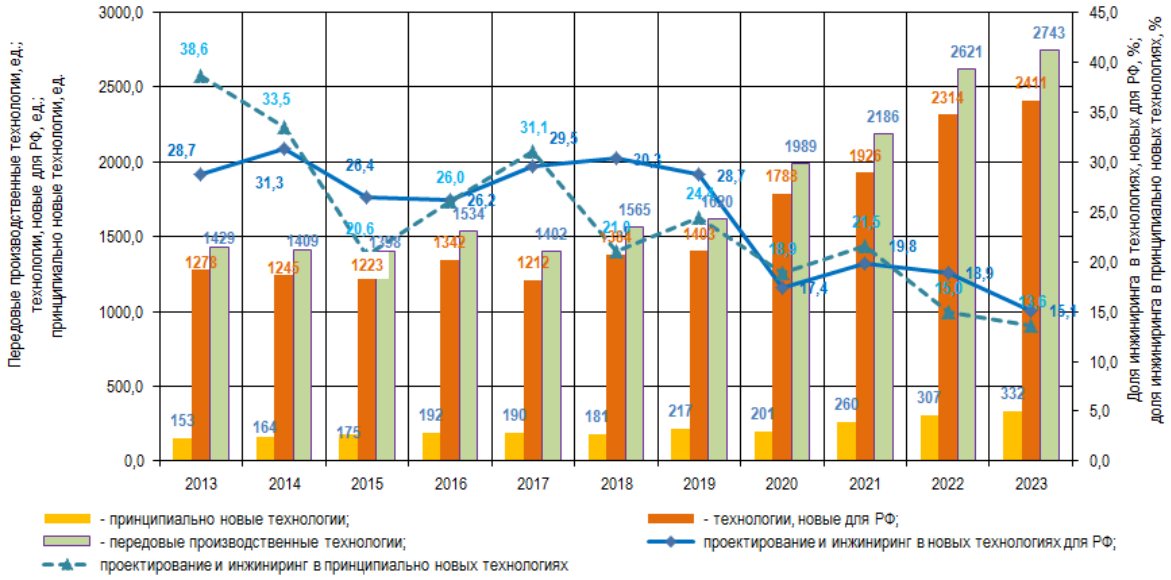


Рис. 2. Динамика разработки передовых производственных технологий в РФ [40, 41]
Fig. 2. Dynamics of development of advanced manufacturing technologies in the Russian Federation [40, 41]

К третьему кварталу 2025 года Минпромторг РФ должен будет сформировать реестр компаний, имеющих право на получение господдержки. Отметим, что требования для включения компаний в реестр и меры государственной поддержки инжиниринговых компаний находятся на стадии разработки и обсуждения с отраслевым сообществом.

Основной тенденцией отечественного рынка в 2015–2020 годах являлась диверсификация бизнеса. В частности, рассматривая организации на рынке с точки зрения принадлежности к крупным структурам, следует отметить, что в сфере нефтепереработки доля дочерних и иных аффилированных компаний достигает 70% и выше[18] [38]. Значительная доля российского рынка инжиниринга принадлежит крупнейшим компаниям со сложившимся имиджем и репутацией, что говорит о высокой степени его монополизации [43]. Именно они генерируют основную часть выручки на рынке инжиниринговых услуг, однако в период с 2015 по 2019 год, по данным Vygon Consulting, доля в выручке крупнейших компаний, занимающих первые двадцать мест в рейтинге, снизилась с 78 до 66%[19].

С целью снижения рисков и сохранения денежных средств внутри холдинга крупные отраслевые игроки, такие как «Еврохим», «Уралхим», «СИБУР», создают собственные сервисные и инжиниринговые мощности. На текущий момент – это основной тренд инжинирингового рынка. На субподряд отдается только тот объем работ, который компании не могут выполнить сами.

В качестве второй по значению тенденции можно отметить растущую популярность EPC(M)-контрактов, предполагающих полное проектирование, строительство и эксплуатацию объектов. Данный формат позволяет инжиниринговым компаниям брать на себя полную ответственность за проект, что повышает их конкурентоспособность.

По оценке экспертов Vygon Consulting, до 2020 года на отечественном рынке нефтегазового инжиниринга и строительства наиболее динамично развивались зарубежные инжиниринговые

[18] Калиненко А. (2020) *Роль EPC-подрядчиков и инжиниринга в реализации нефтеперерабатывающих проектов*. [online] Available at: https://magazine.neftegaz.ru/articles/rynok/522599-rol-ers-podryadchikov-i-inzhiniringa-v-realizatsii-neftepererabatyvayushchikh-proektov/ [Accessed 3.09.2024]. (in Russian).

[19] Национальная Ассоциация Нефтегазового Сервиса (2021) *VYGON Consulting: «Инжиниринг и строительство в российском downstream: не проспать рынок» – Март 2021 г.* (*pdf*). [online] Available at: https://nangs.org/analytics/vygon-consulting-inzhiniring-i-stroitelstvo-v-rossijskom-downstream-ne-prospat-rynok-mart-2021-g-pdf [Accessed 5.03.2025]. (in Russian).

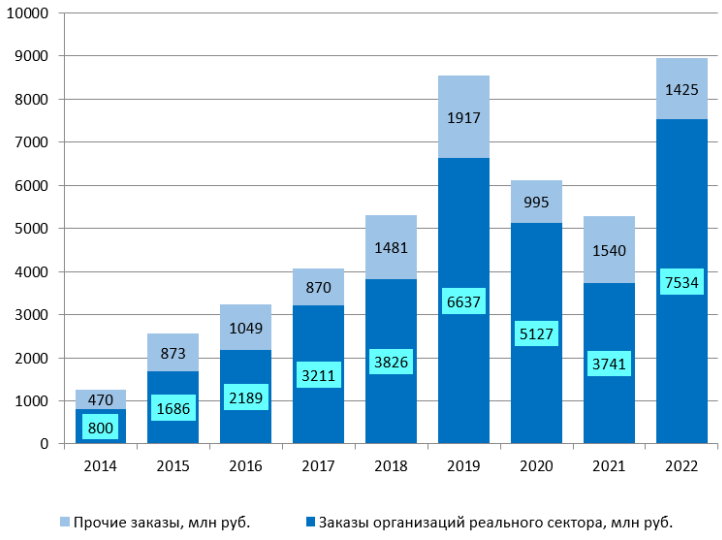


Рис. 3. Динамика объемов выручки инжиниринговых центров [42]
Fig. 3. Dynamics of revenue volumes of engineering centers [42]

компании Saipem и Technip. Причем рост объемов компаний на рынке инжиниринговых услуг был обусловлен изначально низкими стартовыми показателями, а также получением контрактов в таких мегапроектах, как Амурский ГПЗ и «Арктик СПГ-2». Также наращивают свою долю благодаря развитию компетенций в нефтегазохимии независимые компании. Наибольший рост выручки (на 80%) за последние пять лет показывали инжиниринговые и строительные компании в сфере переработки углеводородов и нефтегазохимии[20].

Эксперты отмечают, на фоне ухода EPC-контракторов (табл. 2) лучшим выходом в сложившейся ситуации следует признать диверсификацию EPC по функциональному признаку – когда продукция входит в полноценный EPC-субконтракт с поставкой оборудования, его монтажом и пусконаладкой. Но в случае снятия санкций, по мнению российских поставщиков, зарубежные поставщики вновь получат доступ на российский рынок.

В условиях улучшения отношений РФ и США возврат американского бизнеса возможен уже к концу 2025 года. И именно нефтесервисные компании следует ожидать в числе первой волны вернувшихся представителей известных фирм и брендов.

Следующей рыночной тенденцией необходимо отметить активное внедрение инжиниринговыми компаниями цифровых технологий, что влечет за собой рост эффективности компании, а также качество предоставляемых ею услуг. Цифровой инжиниринг предполагает повышение эффективности производства с помощью современных ИТ-технологий. В общем смысле под цифровым инжинирингом следует понимать передовую технологическую концепцию, позволяющую развивать интеллектуальные системы бизнес-процессов компаний, направленные на повышение их эффективности, рост качества, а также оптимизацию посредством интеграции реального производства и виртуальных возможностей сквозных цифровых технологий [35, 44]. Особенность цифрового инжиниринга заключается в том, что, являясь сложным интеллектуальным продуктом, инженерные программные комплексы становятся не просто инструментом, но и рабочей средой инжиниринговой деятельности, которая вбирает в себя лучшие практики и знания, организует процессы коммуникации специалистов и обеспечивает работу команды на всем жизненном цикле продукта или системы[21]. Вместе с тем первый этап развития высоких

[20] Там же.
[21] Абдулбариева Э.Л., Болдырев Ю.Я., Боровков А.И. и др. (2014) *Высокотехнологичный компьютерный инжиниринг: обзор рынков и технологий*, СПб.: Издательство Политехнического университета, 110.

Таблица 2. Зарубежные EPC-контракторы, оставившие крупные отечественные проекты (составлено авторами)
Table 2. Foreign EPC contractors who left large domestic projects (compiled by the authors)

№ пп	Компания	Дочерние/совместные предприятия	EPC-контракты в РФ
1	Technip FMC – энергосервисная компания: в 2017 году слияние двух компаний FMC Technologies Inc. и Technip SA (США) – энергосервисная компания	НИПИГАЗ (дочерняя компания «СИБУР») и Technip Energies создали СП Nova Energies	В мае 2014 года Technip SA подписала контракт «Ямал СПГ» на 4,5 млрд евро на строительство завода СПГ. Technip FMC в 2019 году стала EPC-подрядчиком «Арктик СПГ-2» «НОВАТЭК». По состоянию на 2021 год порядка 3,8 млрд евро (или 4,22 млрд USD), или 23% портфеля, Technip Energies было вложено в данный проект. Планировалось построить три линии по производству СПГ, годовой мощностью 6,6 млн т. Стоимость контракта составляла 11,2 млрд USD. В апреле 2022 года приостановлены работы по проекту «Арктик СПГ-2». Объемы работ по проекту переданы новым подрядчикам – Nova Energies (НИПИГАЗ) и Green Energy Solutions LLC (ОАЭ).
2	Saipem S.p.A. (Сайпем, Societ Anonima Italiana Perforazioni E Montaggi lit.) (Италия) –нефтесервисное обслуживание	Подразделения компании Agip, со Snam Montaggi – прокладка труб и построение буровых платформ	В августе 2019 года были достигнуты договоренности между Technip FMC и «НИПИгазпереработка» об участии в СП по строительству завода по производству СПГ «Арктик СПГ-2». Доля Saipem S.p.A. составляла 1,1 млрд евро. Договор на детальное проектирование, закупку, изготовление, строительство и ввод в эксплуатацию (EPC-контракт) трех технологических линий (TRAIN), годовая мощность одной линии составляет 6,6 млн т. В июле 2022 года для снижения рисков Saipem S.p.A. заявила о выходе из проектов РФ.
3	Linde GmbH (Германия) – разработка и внедрение промышленных технологий по подготовке и разделению природного газа и на проектировании и строительстве криогенных установок по сжижению природного газа и гелия	ООО «Линде Азот Тольятти» и ООО «Газпром Линде Инжиниринг»;	В сентябре 2021 заключен EPC-контракт между ООО «РусХимАльянс», Linde GmbH и Renaissance Heavy Industries LLC на строительство завода по сжижению природного газа в составе газоперерабатывающего комплекса в районе Усть-Луги. Linde в 2022 году остановила работы в РФ. В марте 2023 г. было объявлено, что Linde не планирует возвращаться в РФ.
		СП Линде Северсталь; СП Linde Power Machines LLC – производство теплообменников	В 2022 году Linde вышла из совместного с «Северсталью» проекта по производству теплообменников для газовой отрасли.
		консорциум с компанией НИПИГАЗ (дочерняя компания ГХК «СИБУР»)	В 2022 году Linde вышла из проекта Амурского ГХК «СИБУР».
4	Maire Tecnimont Group (Италия) – EPC-подрядчик в российском ТЭК	NextChem – Дочернее предприятие Maire Tecnimont	Заказчики – «СИБУР», «Казаньоргсинтез». В январе 2022 года заключен EPC-контракт с «Роснефтью» на строительство установки гидрокрекинга на Рязанской НПК. Портфель заказов Maire Tecnimont составляет 1,1 млрд евро, или 12% от общего проекта заказов. На средства ООО «МТ Руссия» наложен арест в размере почти 6,3 млрд руб. по проекту «ЕвроХим Северо-Запад-2».

цифровых технологий выявил, что необходимо на профессиональном уровне изучать и прогнозировать риски цифровых систем. В работе Е.И. Ярославцевой отмечается, что принципиально важно опираться на стратегию, в которой цифровые технологии функционируют как инструмент, позволяющий инженеру управлять процессом, избегая возможных ошибок, поддерживая баланс и условия для рационального уровня взаимодействий [45]. Несмотря на то, что системы подобного рода способны, анализируя большие объемы данных, выявлять нетипичные закономерности, разработкой инновационных решений должен заниматься квалифицированный инженер, понимающий как практические, так и теоретические стороны феномена электронных вычислительных технологий, Иначе от слов «специалистов», комментирующих результаты модельных расчетов в стиле «это модель так подсчитала», можно перейти к производству самых разнообразных цифровых имитаций, не имеющих ничего общего с реальностью естественной биосреды человека.

В настоящее время в РФ происходит активное становление рынка цифрового, или компьютерного, инжиниринга, который представляет собой рынок комплексных услуг, включающий «...собственно инжиниринговые услуги, носящие характер высокоинтеллектуальной научно-технической и технологической деятельности по разработке сложных технических систем, и инструменты цифровой поддержки инжиниринговых услуг, включающие программное обеспечение и аппаратно-вычислительную базу...»[22].

Сегодня отечественные инжиниринговые компании применяют цифровые инструменты и программное обеспечение для моделирования различных объектов и систем в различных проектах, включая проекты в нефтегазовой отрасли. Это позволяет существенно сократить временные затраты на моделирование, повысить точность и эффективность расчетов. BIM-технологии, виртуальное моделирование для взаимодействия с моделями и объектами в виртуальном пространстве, использование облачных сервисов для хранения, обмена, обработки больших объемов данных и искусственного интеллекта становятся конкурентным преимуществом современной инжиниринговой деятельности [23, 24].

Ведущие нефтегазовые компании РФ активно способствуют разработке и внедрению в производственной деятельности подобных технологий. Применение в ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» нового инструмента для цифрового мониторинга позволяет оперативно оценивать и прогнозировать энергетический потенциал месторождений без остановки скважин. Расчет пластового давления по всей залежи на данном ПО осуществляется за несколько минут, тогда как на зарубежных ПО подобный расчет только для одной скважины может проводиться порядка четырех часов. Кроме того, данная инновация позволяет экспертным органам сократить время на подготовку экспертизы геолого-гидродинамических моделей в среднем с 65 до 5 дней[23]. ООО «Сахалинская энергия» в 2023 г. при разработке проекта Лунского нефтегазоконденсатного месторождения с помощью нейросетей выявила критерий оптимизации газового промысла, с учетом обустройства и текущей инфраструктуры, продлив срок жизни месторождения до 2033 г.[24] ОАО «Газпром нефть» на одном из месторождений Восточной Сибири применила первую отечественную интеллектуальную систему сбора и анализа инженерной информации. «...Онлайн-сервис в двести раз сокращает время анализа информации и в десять раз повышает скорость ее передачи...»[25]

[22] Там же.

[23] Интерфакс (2025) *ЛУКОЙЛ внедрил ИИ-мониторинг месторождений для расчета пластового давления за минуты*. [online] Available at: https://www.interfax-russia.ru/volga/news/lukoyl-vnedril-ii-monitoring-mestorozhdeniy-dlya-rascheta-plastovogo-davleniya-za-minuty [Accessed 5.03.2025]. (in Russian).

[24] Profinancy (2025) *ИИ помог продлить срок жизни месторождения – сырьевой базы завода СПГ на Сахалине – ГКЗ*. [online] Available at: https://lenta.profinansy.ru/news/3712686 [Accessed 5.03.2025]. (in Russian).

[25] ВНИИГАЗ (2025) *«Газпром нефть» запустила цифровую систему для проектирования месторождений*. [online] Available at: http://portal.vniigaz.gazprom.ru/nti/reviews [Accessed 5.03.2025]. (in Russian).

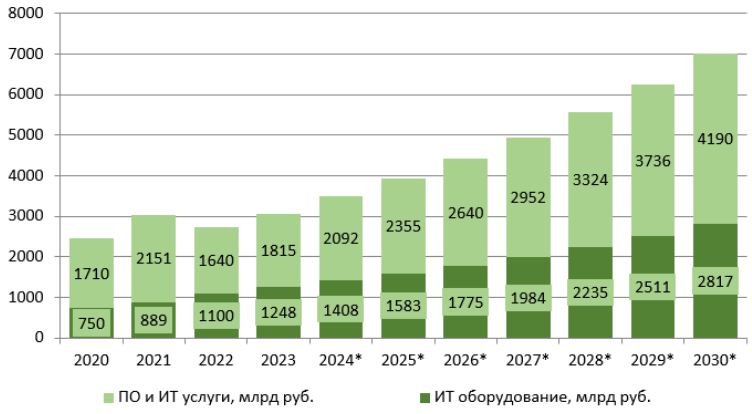


Рис. 4. Прогноз развития рынка цифрового инжиниринга в РФ[26]

Fig. 4. Forecast for the development of the digital engineering market in the RF[26]

И, наконец, модернизация изношенной инфраструктуры в рамках инициатив государства наряду с ростом спроса на экологически чистые здания также составляет заметную тенденцию на рынке, открывая новые возможности для развития инжиниринговых компаний, разрабатывающих проекты, соответствующие необходимым экологическим стандартам [46].

Основным недостатком российских и зарубежных компаний, препятствующим созданию сбалансированного отечественного рынка инжиниринговых услуг, является отсутствие надлежащих компетенций на стадии управления проектом. Недостаток квалифицированных инженеров и специалистов на протяжении ряда последних лет заметно ощущается в разных регионах РФ как в нефтегазовой, так и других отраслях. Это обстоятельство оказывает влияние на доступность и стоимость инжиниринговых услуг. Поэтому восстановление приоритета подготовки специалистов по инженерным специальностям является одним из важнейших направлений очередного этапа реформы системы высшего образования [47]. По мнению экспертов, «...опыт ведения инвестиционно-строительного и инжинирингового бизнеса в России и за рубежом подсказывает, что наиболее перспективным вариантом развития было бы сотрудничество малых и средних независимых компаний с крупными подрядчиками, в том числе международными инжиниринговыми компаниями...» [43]. Отметим, что малый и средний бизнес предлагает более гибкие и инновационные решения, что, в свою очередь, делает рынок более динамичным и конкурентоспособным.

Заключение

Настоящая работа предлагает обзор развития отечественного рынка инжиниринговых услуг, а также последних направлений исследований инжинирингового рынка с точки зрения научного сообщества, аналитических данных консалтинговых компаний и материалов энергетических компаний.

Проведенный в работе анализ позволил получить следующие результаты:

1. Установлено, что содержание понятий «инжиниринг», «инжиниринговые услуги» изначально было сформировано с позиций его бюджетного финансирования в период СССР, однако на протяжении последних десятилетий значительно трансформировалось, и в перспективе понятийный аппарат в части инжиниринговой деятельности должен быть унифицирован на законодательном уровне.

[26] Strategy Partners. (2024) *Обзор российского рынка инженерного ПО и перспективы его развития*. [online] Available at: https://strategy.ru/media/uploads/2024/10/Обзор_рынка_инженерного_ПО_Strategy_Partners.pdf [Accessed 5.04.2025]. (in Russian).

2. На основе проведенного анализа современного состояния и динамики развития российского рынка инжиниринговых услуг сделан вывод о том, что нефтегазовый инжиниринг стоит на пороге нового этапа развития. Высокими темпами осуществляется развитие рынка цифрового инжиниринга. В целом отрасли ТЭК формируют около 70% рынка инжиниринговых услуг[27]. Во многом благодаря тому, что из РФ уходят зарубежные инжиниринговые компании, перспективы у отечественных инжиниринговых компаний в сфере нефтегазового комплекса все же имеются. Предпосылки для развития рынка инжиниринга были заложены еще в 2013 году в рамках первой «дорожной карты» в области инжиниринга и промышленного дизайна. Сравнительно недавно, в 2022 году, правительство РФ запустило программу предоставления грантов на обратный инжиниринг и возложило функции оператора программы на Агентство по технологическому развитию. Благодаря этому частные предприятия на конкурсных условиях могут осуществлять разработку конструкторской документации на запчасти, сырье и материалы, создавать опытные образцы и проводить соответствующие испытания. Отечественный рынок инжиниринга на протяжении последних лет демонстрирует высокие темпы роста и в период с 2013 по 2023 год возрос в 2,6 раза.

3. Выявлены основные перспективы развития рынка инжиниринговых услуг, а именно:

– государство будет создавать благоприятные условия для развития рынка, предоставляя финансовые и налоговые льготы инжиниринговым компаниям и инжиниринговым центрам, а также право на государственную поддержку компаниям, включенным в соответствующий реестр. Динамика разработки и использования передовых производственных технологий в РФ в области инжиниринга свидетельствует о том, что позитивный результат можно прогнозировать и в среднесрочной перспективе;

– фактические темпы развития рынка цифрового инжиниринга свидетельствуют о сохраняющемся тренде на цифровую трансформацию бизнеса. Драйвером развития рынка является импортозамещение, которое стимулируется поддержкой со стороны государства и спросом со стороны бизнес-структур. Эксперты ожидают, что проникновение ИТ-рынка в бизнес-структуры и его вклад в создание ВВП существенно возрастет к 2030 году;

– отечественные инжиниринговые компании в перспективе должны сократить отставание от зарубежных конкурентов. Уже сегодня компания Nova Energies (НИПИГАЗ) замещает EPC-контракторов, вышедших из проекта «Арктик СПГ-2». Однако для более широкого распространения EPC-контрактов в РФ на базе отечественных инжиниринговых компаний потребуется развитие компетенций их сотрудников на всех стадиях управления проектом, а также наличие соответствующей инфраструктуры для реализации крупных проектов;

– восстановление приоритета подготовки специалистов по инженерным специальностям и создание системы подготовки квалифицированных кадров, соответствующих требованиям современного рынка.

В современной России инжиниринговые услуги востребованы, и для их развития на отечественном рынке требуется доработка имеющихся механизмов, которые направлены на формирование единой поддержки инжинирингового направления организаций в сфере инжиниринга. Зарубежный опыт свидетельствует, что «государство на определенных стадиях жизненного цикла технологий выполняет различные задачи: от создания благоприятной регуляторной среды до участия в хеджировании рисков, а в отдельных случаях для высокоприоритетных проектов оно вообще может брать на себя роль интегратора, непосредственно участвующего в создании технологий...» [48]. Совершенствование нормативно-правовой базы, экономических, организационных механизмов, регулирующих деятельность организаций в сфере инжиниринга, необходимо для выстраивания взаимоотношений участников в сфере инжиниринга.

[27] Национальная Ассоциация Нефтегазового Сервис (2021) *VYGON Consulting: «Инжиниринг и строительство в российском downstream: не проспать рынок» – Март 2021 г.* (*pdf*). [online] Available at: https://nangs.org/analytics/vygon-consulting-inzhiniring-i-stroitelstvo-v-rossijskom-downstream-ne-prospat-rynok-mart-2021-g-pdf [Accessed 5.03.2025]. (in Russian).

Дальнейшими направлениями развития представленного исследования является анализ эффективности применения контрактов в форматах EPC и EPC(M) в инжиниринговых проектах компании ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Razmanova S., Steblyanskaya A. (2020) Arctic LNG cluster: new opportunities or new treats? *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 539, art. no. 012165. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/539/1/012165

2. Василенко Н.В., Цыгляну П.П. (2021) Нефтегазовый инжиниринг: подходы к пониманию сущности. *Креативная экономика*, 15 (4), 1483–1500. DOI: https://doi.org/10.18334/ce.15.4.111927

3. Кондратьев В.В., Лоренц В.Я. (2007) *Даешь инжиниринг! Методология организации проектного бизнеса*, М.: Эксмо.

4. Мишин С.А. (2012) *Инжиниринг, Россия 2012. Актуальные рекомендации*. [online] Available at: http://mishin-s.ru/library/11eng.pdf [Accessed 3.09.2024]. (in Russian)

5. Рыбец Д.В., Босин Е.И. (2016) Этапы развития инжиниринговых (инженерно-консультационных) услуг на мировом рынке. *Российский внешнеэкономический вестник*, 1, 101–111. [online] Available at: https://journal.vavt.ru/rfej/article/view/2034 [Accessed 3.09.2024]. (in Russian)

6. Грибова Е.В., Чернецкова А.М., Борисов А.В. (2016) Международный инжиниринг: внедрение зарубежного опыта в России. *Экономика и менеджмент инновационных технологий*, 11. [online] Available at: https://ekonomika.snauka.ru/2016/11/12887 [Accessed 5.09.2024]. (in Russian)

7. Селиверстов Ю.И. (2020) Трансформация инжиниринговой деятельности в условиях цифровой экономики. *Белгородский экономический вестник*, 3, 13–20.

8. Омышева Т.Н., Чернова Е.Г., Разманова С.В. (2023) Договорные отношения в нефтегазовой отрасли на рынке инжиниринговых услуг. *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*, 1 (180), 61–66.

9. Панин М.О., Китаева Т.Ю. (2023) Опыт оказания инжиниринговых услуг по комплектации объектов в нефтегазодобывающей отрасли. *Экспозиция Нефть Газ*, 2, 80–85. DOI: https://doi.org/10.24412/2076-6785-2023-2-80-85

10. Zhou H., Zhao Y., Shen Q., Yang L., Cai H. (2020) Risk assessment and management via multi-source information fusion for undersea tunnel construction. *Automation in Construction*, 111, art. no. 103050. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103050

11. Зыкова Н.В., Агауров С.Ю. (2023) Проблемы реализации крупных проектов в нефтегазовой отрасли. *Общество: политика, экономика, право*, 8, 121–128. DOI: https://doi.org/10.24158/pep.2023.8.15

12. Shen Z., Wei X., Siraj A., Taneja S., Fang L., Li Z. (2024), Relationship between quality governance model and performance in EPC projects. *International Journal of Productivity and Performance Management*, ahead-of-print (ahead-of-print). DOI: https://doi.org/10.1108/IJPPM-04-2024-0237

13. Mukilan K., Rameshbabu C., Baranitharan B. et al. (2025) An efficient claim management assurance system using EPC contract based on improved monarch butterfly optimization models. *Neural Computing and Applications*, 37, 169–184. DOI: https://doi.org/10.1007/s00521-024-10414-9

14. Salmasi S.D., Sepehri M., Dadashzadeh Y. (2024), PetroSahand International Group: the dilemma of outsourcing for EPC activities. *Emerald Emerging Markets Case Studies*, 3 (14). DOI: https://doi.org/10.1108/EEMCS-04-2024-0177

15. Nguyen H.T., Hadikusumo B.H.W. (2018). Human resource related factors and engineering, procurement, and construction (EPC) project success. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 23 (1), 24–39. DOI: https://doi.org/10.1108/JFMPC-05-2016-0023

16. Amirtash P., Parchami Jalal M., Jelodar M.B. (2021) Integration of project management services for International Engineering, Procurement and Construction projects. *Built Environment Project and Asset Management*, 11 (2), 330–334. DOI: https://doi.org/10.1108/BEPAM-06-2020-0106

17. Sarwani, Baihaqi I., Utomo Ch. (2024) Causes of Delay in EPC Projects: The Case of Indonesia. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 2 (14), 618–628. DOI: https://doi.org/10.18517/ijaseit.14.2.19744

18. Gmoser M., Steinschaden L., Heck D. (2021) Financing costs in the event of deviations in work performance under contract standards. Proceedings of International Structural Engineering and Construction, 8 (1), art. no. LDR-02. DOI: https://doi.org/10.14455/ISEC.2021.8(1).LDR-02

19. Car-Pušić D., Tijanić K., Marović I., Mlađen M. (2020) Predicting buildings construction cost overruns on the basis of cost overruns structure. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences* (*SREES*), 29 (3), 366–376. DOI: https://doi.org/10.22630/PNIKS.2020.29.3.31

20. Derakhshanalavijeh R., Teixeira J.M.C. (2017) Cost overrun in construction projects in developing countries, gas-oil industry of Iran as a case study. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23 (1), 125–136. DOI: https://doi.org/10.3846/13923730.2014.992467

21. Ashtari M.A., Ansari R., Hassannayebi E., Jeong J. (2022) Cost Overrun Risk Assessment and Prediction in Construction Projects: A Bayesian Network Classifier Approach. *Buildings*, 12 (10), art. no. 1660. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings12101660

22. Гимадетдинов М.К., Шерстобитов Д.А., Шевченко И.А. (2021) Анализ подходов к ценообразованию на этапе оценки проектов на примере Египта и Эквадора. *Нефтяное хозяйство*, 9 (1175), 12–14. DOI: 10.24887/0028-2448-2021-9-12-14

23. Zhu Zhijie, Jiang Xiangyang, Ma Yikui, Fu Hanghang, Wang Ran (2024) Research on Lean Construction Management Mode of EPC Project Based on BIM. *Journal of Advances in Engineering and Technology*, 1 (4), 15–24. DOI: https://doi.org/10.62177/jaet.v1i4.128

24. Воробьев В. С., Моисеева И.О. (2024) Виртуальный стоимостной инжиниринг в инвестиционно-строительной деятельности. *Научный журнал строительства и архитектуры*, 3 (75), 78–85. DOI: https://doi.org/10.36622/2541-7592.2024.75.3.007

25. Koc K., Gurgun A.P. (2021) Stakeholder-Associated Life Cycle Risks in Construction Supply Chain. *Journal of Management in Engineering*, 37, art. no. 04020107-1. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000881

26. Nurdiana A., Susanti R. (2020) Assessing Risk on The Engineering Procurement Construction (EPC) Project from The Perspective of The Owner: A Case Study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 506 (1), art. no. 012040. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/506/1/012040

27. Utama W.P., Chan A.P.C., Zahoor H., Gao R., Jumas D.Y. (2019) Making decision toward overseas construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2 (26), 285–302. DOI: https://doi.org/10.1108/ecam-01-2018-0016

28. Tu Y., Zhou X., Gang J. et. al. (2017) Hierarchical Supplier Selection Optimization with Multiple Items in Large-Scale Construction Projects. *Journal of Infrastructure Systems*, 3 (23), art. no. 04017003. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000356

29. Dachyar M., Sanjiwo Z. (2018) Business Process Re-Engineering of Engineering Procurement Construction (EPC) Project in Oil and Gas Industry in Indonesia. *Indian Journal of Science and Technology*, 11 (9), 1–8. DOI: https://doi.org/10.17485/ijst/2018/v11i9/92741

30. Пасканный В.И., Лапидус А.А. (2024) Роль инжиниринговой компании при реализации инвестиционно-строительного проекта. *Промышленное и гражданское строительство*, 1, 52–58. DOI: https://doi.org/10.33622/0869-7019.2024.01.52-58

31. Лапидус А.А., Назыпова С.В. (2024) Особенности деятельности инжиниринговых организаций. *Промышленное и гражданское строительство*, 10, 51–57. DOI: https://doi.org/10.33622/0869-7019.2024.10.51-57

32. Сборщиков С.Б. (2023) Проектное управление. Инжиниринг и реинжиниринг в строительстве. *Наука. Инновации. Цели. Строительство*, 136–139. DOI: https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-136-139

33. Шинкарева Г.Н. (2018) Модель инжиниринговой схемы организации строительства для контрактов жизненного цикла. *Вестник МГСУ*, 13 (10), 1204–1210. DOI: https://doi.org/10.22227/1997-0935.2018.10.1204-1210

34. Шеварин П.Г. (2024) Мировой и российский рынок инжиниринговых услуг. Инжиниринг в химической промышленности. Научные исследования и разработки. Экономика, 2 (12), 42–51. DOI: https://doi.org/10.12737/2587-9111-2024-12-2-42-51

35. Цыгляну П.П., Василенко Н.В. (2021) Мировой и российский рынки инжиниринговых услуг в нефтегазовом секторе: перспективы и ограничения развития. *Вопросы инновационной экономики*, 11 (4), 1921–1936. DOI: DOI: https://doi.org/10.18334/vinec.11.4.114016

36. Каверин А.А. (2015) Анализ мировой и российской практики инжиниринговых услуг в нефтегазовом комплексе. *Вестник университета*, 11, 113–118.

37. Попов Е.А., Коршенко Е.Ф. (2016) Анализ рынка инжиниринговых услуг в России. В книге: Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты (под общ. ред. Т.М. Сигитова), 3 (2), Пермь: ИП Сигитов Т.М., 87–90.

38. Усманов М.Р. (2023) Эффективное управление распределенными инженерными операциями посредством создания инжиниринговых компаний в нефтегазопереработке и нефтегазохимии. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 3, 121–127. DOI: https://doi.org/10.17513/vaael.2750

39. Святчик Д.С. (2018) Реинжиниринг месторождений северных территорий. *Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера – 2018*, 2, 70–76.

40. Гохберг Л.М., Дитковский К.А., Евневич Е.И. и др. (2021) *Индикаторы науки: 2021*: статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ, 2021. DOI: https://doi.org/10.17323/978-5-7598-2376-6

41. Гохберг Л.М., Дитковский К.А., Евневич Е.И. и др. (2025) *Индикаторы науки: 2025*: статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ, 2025.

42. Инжиниринг. Дизайн. Инновации (2023) *Инжиниринг на стыке науки и промышленности: Сборник передовых научно-технических разработок инжиниринговых центров на баз университетов для опережающего развития отечественной промышленности*, М.: Министерство науки и высшего образования РФ. [online] Available at: https://aispir.ru/storage/news/322/hHf2TGIdYyI4xFEpnLrVBqoFVQMxUdRxHzbSKRXu.pdf [Accessed 18.04.2025]. (in Russian)

43. Медяник Ю.В. (2017) Рынок инжиниринговых услуг в России: проблемы и перспективы развития. *Российское предпринимательство*, 18 (24), 4221–4233. DOI: https://doi.org/10.18334/rp.18.24.38595

44. Тихомиров Г.В., Рыжов С.Н. (2023) *Глоссарий «Цифровой инжиниринг»*, М.: НИЯУ МИФИ.

45. Ярославцева Е.И. (2022) Цифровой инжиниринг: о рисках имитации и природе абсурда. *Науковедческие исследования*, 2, 84–107. DOI: DOI: https://doi.org/10.31249/scis/2022.02.06

46. Шинкарева Г.Н., Маслова Л.А. (2018) Инжиниринг как основа модернизации строительной отрасли. *Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании*, 162–166.

47. Гамукин В.В. (2022) Кадры для инжиниринга устойчивого развития. *Инженерное образование*, 32, 97–110. DOI: https://doi.org/10.54835/18102883_2022_32_9

48. Качелин А.А. (2023) Научно-технологическое развитие в нефтегазовой отрасли России в условиях глобальной нестабильности. *Neftegaz.RU*, 3 (135), 80–91.

REFERENCES

1. Razmanova S., Steblyanskaya A. (2020) Arctic LNG cluster: new opportunities or new treats? *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 539, art. no. 012165. DOI: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/539/1/012165

2. Vasilenko N.V., Tsyglanu P.P. (2021) Oil and gas engineering: approaches to understanding the essence. *Creative economics*, 15 (4), 1483–1500. DOI: https://doi.org/10.18334/ce.15.4.111927.

3. Kondratyev V.V., Lorents V.Ya. (2007) *Dayesh inzhiniring! V knige: Metodologiya organizatsii proyektnogo biznesa* [You give engineering! Methodology of project business organization], Moscow: Eksmo.

4. Mishin S.A. (2012) *Inzhiniring, Rossiya 2012. Aktualnyye rekomendatsii* [Engineering, Russia 2012. Actual recommendations]. [online] Available at: http://mishin-s.ru/library/11eng.pdf [Accessed 3.09.2024]. (in Russian).

5. Rybets D.V., Bosin Ye.I. (2016) Engineering (engineering and consulting) services in the global market: Stages of development. *Russian Foreign Economic Journal*, 1, 101–111. [online] Available at: https://journal.vavt.ru/rfej/article/view/2034 [Accessed 3.09.2024]. (in Russian).

6. Gribova Ye.V., Chernetskova A.M., Borisov A.V. (2016) International engineering: introduction of foreign experience in Russia. *Economics and innovations management*, 11. [online] Available at: https://ekonomika.snauka.ru/2016/11/12887 [Accessed 5.09.2024]. (in Russian)

7. Seliverstov Yu. I. (2020) Transformatsiya inzhiniringovoy deyatelnosti v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki [Transformation of engineering activity in the digital economy]. *Belgorodskiy ekonomicheskiy vestnik* [Belgorod Economic Bulletin], 3, 13–20.

8. Omysheva T.N., Chernova Ye.G., Razmanova S.V. (2023) Contractual relations in the oil and gas industry in the engineering services market. *Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 1 (180), 61–66.

9. Panin M.O., Kitayeva T.Yu. (2023) Experience in providing engineering & procurement services in oil and gas industry. *Exposition Oil Gas*, 2, 80–85. DOI: https://doi.org/10.24412/2076-6785-2023-2-80-85

10. Zhou H., Zhao Y., Shen Q., Yang L., Cai H. (2020) Risk assessment and management via multi-source information fusion for undersea tunnel construction. *Automation in Construction*, 111, art. no. 103050. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103050

11. Zykova N.V., Agaurov S.Yu. (2023) Problems of Implementing Major Projects in the Oil and Gas Industry. *Society: Politics, Economics, Law*, 8, 121–128. DOI: https://doi.org/10.24158/pep.2023.8.15

12. Shen Z., Wei X., Siraj A., Taneja S., Fang L., Li Z. (2024), Relationship between quality governance model and performance in EPC projects. *International Journal of Productivity and Performance Management*, ahead-of-print (ahead-of-print). DOI: https://doi.org/10.1108/IJPPM-04-2024-0237

13. Mukilan K., Rameshbabu C., Baranitharan B. et al. (2025) An efficient claim management assurance system using EPC contract based on improved monarch butterfly optimization models. *Neural Computing and Applications*, 37, 169–184. DOI: https://doi.org/10.1007/s00521-024-10414-9

14. Salmasi S.D., Sepehri M., Dadashzadeh Y. (2024), PetroSahand International Group: the dilemma of outsourcing for EPC activities. *Emerald Emerging Markets Case Studies*, 3 (14). DOI: https://doi.org/10.1108/EEMCS-04-2024-0177

15. Nguyen H.T., Hadikusumo B.H.W. (2018). Human resource related factors and engineering, procurement, and construction (EPC) project success. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 23 (1), 24–39. DOI: https://doi.org/10.1108/JFMPC-05-2016-0023

16. Amirtash P., Parchami Jalal M., Jelodar M.B. (2021) Integration of project management services for International Engineering, Procurement and Construction projects. *Built Environment Project and Asset Management*, 11 (2), 330–334. DOI: https://doi.org/10.1108/BEPAM-06-2020-0106

17. Sarwani, Baihaqi I., Utomo Ch. (2024) Causes of Delay in EPC Projects: The Case of Indonesia. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 2 (14), 618–628. DOI: https://doi.org/10.18517/ijaseit.14.2.19744

18. Gmoser M., Steinschaden L., Heck D. (2021) Financing costs in the event of deviations in work performance under contract standards. *Proceedings of International Structural Engineering and Construction*, 8 (1), art. no. LDR-02. DOI: https://doi.org/10.14455/ISEC.2021.8(1).LDR-02

19. Car-Pušić D., Tijanić K., Marović I., Mlađen M. (2020) Predicting buildings construction cost overruns on the basis of cost overruns structure. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences* (*SREES*), 29 (3), 366–376. DOI: https://doi.org/10.22630/PNIKS.2020.29.3.31

20. Derakhshanalavijeh R., Teixeira J.M.C. (2017) Cost overrun in construction projects in developing countries, gas-oil industry of Iran as a case study. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23 (1), 125–136. DOI: https://doi.org/10.3846/13923730.2014.992467

21. Ashtari M.A., Ansari R., Hassannayebi E., Jeong J. (2022) Cost Overrun Risk Assessment and Prediction in Construction Projects: A Bayesian Network Classifier Approach. *Buildings*, 12 (10), art. no. 1660. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings12101660

22. Gimadetdinov M.K., Sherstobitov D.A., Shevchenko I.A. (2021) Analysis of pricing approaches at the stage of project evaluation on the example of the Arab Republic of Egypt and the Republic of Ecuador. *Oil Industry*, 9 (1175), 12–14. DOI: https://doi.org/10.24887/0028-2448-2021-9-12-14

23. Zhu Zhijie, Jiang Xiangyang, Ma Yikui, Fu Hanghang, Wang Ran (2024) Research on Lean Construction Management Mode of EPC Project Based on BIM. *Journal of Advances in Engineering and Technology*, 1 (4), 15–24. DOI: https://doi.org/10.62177/jaet.v1i4.128

24. Vorobyev V. S., Moiseyeva I.O. (2024) Virtual Value Engineering in Investment and Construction Activities. *Russian Journal of Building Construction and Architecture*, 3 (75), 78–85. DOI: https://doi.org/10.36622/2541-7592.2024.75.3.007

25. Koc K., Gurgun A.P. (2021) Stakeholder-Associated Life Cycle Risks in Construction Supply Chain. *Journal of Management in Engineering*, 37, art. no. 04020107-1. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000881

26. Nurdiana A., Susanti R. (2020) Assessing Risk on The Engineering Procurement Construction (EPC) Project from The Perspective of The Owner: A Case Study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 506 (1), art. no. 012040. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/506/1/012040

27. Utama W.P., Chan A.P.C., Zahoor H., Gao R., Jumas D.Y. (2019) Making decision toward overseas construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2 (26), 285–302. DOI: DOI: https://doi.org/10.1108/ecam-01-2018-0016

28. Tu Y., Zhou X., Gang J. et. al. (2017) Hierarchical Supplier Selection Optimization with Multiple Items in Large-Scale Construction Projects. *Journal of Infrastructure Systems*, 3 (23), art. no. 04017003. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000356

29. Dachyar M., Sanjiwo Z. (2018) Business Process Re-Engineering of Engineering Procurement Construction (EPC) Project in Oil and Gas Industry in Indonesia. *Indian Journal of Science and Technology*, 11 (9), 1–8. DOI: https://doi.org/10.17485/ijst/2018/v11i9/92741

30. Paskannyy V.I., Lapidus A.A. (2024) Rol inzhiniringovoy kompanii pri realizatsii investitsionno-stroitelnogo proyekta [The role of an engineering company in the implementation of an investment and construction project]. *Industrial and Civil Engineering*, 1, 52–58. DOI: https://doi.org/10.33622/0869-7019.2024.01.52-58

31. Lapidus A.A., Nazypova S.V. (2024) Osobennosti deyatelnosti inzhiniringovykh organizatsiy [Features of the activities of engineering organizations]. *Industrial and Civil Engineering*, 10, 51–57. DOI: https://doi.org/10.33622/0869-7019.2024.10.51-57

32. Sborshchikov S.B. (2023) Project management. Engineering and reengineering in construction. *Nauka. Innovatsii. Tseli. Stroitelstvo* [Science. Innovations. Objectives. Construction], 136–139. DOI: https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-136-139

33. Shinkareva G.N. (2018) Model of engineering scheme for the organisation of construction life cycle contracts. *Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering*, 13 (10), 1204–1210. DOI: https://doi.org/10.22227/1997-0935.2018.10.1204-1210

34. Shevarin P.G. (2024) Global and Russian Engineering Services Market. Engineering in the Chemical Industry. *Scientific Research and Development. Economics*, 2 (12), 42–51. DOI: https://doi.org/10.12737/2587-9111-2024-12-2-42-51

35. Tsyglyanu P.P., Vasilenko N.V. (2021) Global and Russian markets of engineering services in the oil and gas sector: development prospects and limitations. *Russian Journal of Innovation Economics*, 11 (4), 1921–1936. DOI: https://doi.org/10.18334/vinec.11.4.114016

36. Kaverin A.A. (2015) Analysis of the World and Russian Practice of Engineering Services in Oil and Gas Complex. *Vestnik Universiteta*,11, 113–118.

37. Popov Ye.A., Korshenko Ye.F. (2016) Analiz rynka inzhiniringovykh uslug v Rossii [Analysis of the engineering services market in Russia]. In: *Razvitiye sovremennoy nauki: teoreticheskiye i prikladnyye aspekty* [Development of modern science: theoretical and applied aspects] (ed. T.M. Sigitov), 3 (2), Perm: IP Sigitov T.M., 87–90.

38. Usmanov M.R. (2023) Effective Management of Distributed Engineering Operations by Establishing Engineering Companies in Oil and Gas Refining and Petroleum Chemistry. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*, 3, 121–127. DOI: https://doi.org/10.17513/vaael.2750

39. Svyatchik D.S. (2018) Reinzhiniring mestorozhdeniy severnykh territoriy [Reengineering of oil and gas fields in the northern territories]. *Aktualnyye problemy, napravleniya i mekhanizmy razvitiya proizvoditelnykh sil Severa – 2018* [Actual problems, trends and mechanisms for the development of productive forces of the North – 2018], 2, 70–76.

40. Gokhberg L.M., Ditkovskiy K.A., Yevnevich Ye.I. et al. (2021). *Science and Technology Indicators in the Russian Federation: 2021*, data book, Moscow: HSE, 2021. DOI: https://doi.org/10.17323/978-5-7598-2376-6

41. Gokhberg L.M., Ditkovskiy K.A., Yevnevich Ye.I. et al. (2025). *Science and Technology Indicators in the Russian Federation: 2025*, data book, Moscow: HSE, 2025.

42. Engineering. Design. Innovations (2023) *Inzhiniring na styke nauki i promyshlennosti: Sbornik peredovykh nauchno-tekhnicheskikh razrabotok inzhiniringovykh tsentrov na baz universitetov dlya operezhayushchego razvitiya otechestvennoy promyshlennosti* [Engineering at the intersection of science and industry: Collection of advanced scientific and technical developments of engineering centers based on universities for the accelerated development of domestic industry], Moscow: Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation. [online] Available at: https://aispir.ru/storage/news/322/hHf2TGIdYyI4xFEpnLrVBqoFVQMxUdRxHzbSKRXu.pdf [Accessed 18.04.2025]. (in Russian)

43. Medyanik Yu.V. (2017) Engineering services market in Russia: problems and development prospects. *Russian Journal of Entrepreneurship*, 18 (24), 4221–4233. DOI: https://doi.org/10.18334/rp.18.24.38595

44. Tikhomirov G.V., Ryzhov S.N. (2023) *Glossariy "Tsifrovoy inzhiniring"* [Glossary "Digital Engineering"], Moscow: National Research Nuclear University MEPhI.

45. Yaroslavtseva Ye.I. (2022) Digital Engineering: About the Risks of Imitation and the Nature of the Absurd. *Science Studies*, 2, 84–107. DOI: https://doi.org/10.31249/scis/2022.02.06

46. Shinkareva G.N., Maslova L.A. (2018) Inzhiniring kak osnova modernizatsii stroitelnoy otrasli [Engineering as a basis for modernization of the construction industry]. *Integratsiya, partnerstvo i innovatsii v stroitelnoy nauke i obrazovanii* [Integration, partnership and innovation in construction science and education], 162–166.

47. Gamukin V.V. (2022) Employees for Sustainable Development Engineering. *Engineering Education*, 32, 97–110. DOI: https://doi.org/10.54835/18102883_2022_32_9

48. Kachelin A.A. (2023) Nauchno-tekhnologicheskoye razvitiye v neftegazovoy otrasli Rossii v usloviyakh globalnoy nestabilnosti [Scientific and technological development in the oil and gas industry in Russia in conditions of global instability]. *Neftegaz.RU*, 3 (135), 80–91.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

РАЗМАНОВА Светлана Валерьевна
E-mail: s.razmanova@sng.vniigaz.gazprom.ru
Svetlana V. RAZMANOVA
E-mail: s.razmanova@sng.vniigaz.gazprom.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3865-8508

ОМЫШЕВА Татьяна Николаевна
E-mail: Tatyanaomysheva2009@yandex.ru
Tatiana N. OMYSHEVA
E-mail: Tatyanaomysheva2009@yandex.ru

ЧЕРНОВА Елена Григорьевна
E-mail: e.chernova@spbu.ru
Elena G. CHERNOVA
E-mail: e.chernova@spbu.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9852-4475

Поступила: 14.10.2024; Одобрена: 18.04.2025; Принята: 18.04.2025.
Submitted: 14.10.2024; Approved: 18.04.2025; Accepted: 18.04.2025.

π-Economy. 2025, Том 18, № 2. С. 73–86.
π-Economy. 2025, Vol. 18, No. 2. Pp. 73–86.

Обзорная статья
УДК 332
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18204
EDN: https://elibrary/HTJLGD

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА РЕГИОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ БОЛЬШИХ ДАННЫХ И БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ

К.В. Афанасьев ✉ , **А.Р. Калинин**

Московский финансово-промышленный университет «Синергия»,
Москва, Российская Федерация

✉ k-i-r-i-l-l-a@mail.ru

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена возрастающей сложностью прогнозирования регионального экономического роста в условиях цифровой трансформации экономики и ограниченности традиционных методов анализа. По данным исследований, объем генерируемых данных о социально-экономическом развитии регионов ежегодно увеличивается на 40–50%, что требует принципиально новых подходов к их обработке и анализу. При этом существующие методы прогнозирования не позволяют эффективно учитывать нелинейные взаимосвязи и синергетические эффекты между различными факторами регионального развития. Цель исследования заключается в разработке комплексного инструментария прогнозирования экономического роста регионов на основе интеграции технологий больших данных и современных методов бизнес-аналитики. Методология исследования включает модифицированные алгоритмы машинного обучения, специально адаптированные для анализа региональных данных, с использованием как структурированных, так и неструктурированных источников информации. Разработанный инструментарий апробирован на данных 76 регионов России за период 2015–2023 гг. с применением распределенных вычислительных систем. Новизна результатов заключается в создании интегрированного инструментария, позволяющего выявлять нелинейные эффекты и синергетические взаимодействия между факторами роста, а также количественно оценивать пороговые значения факторов и лаговые эффекты их влияния. Впервые предложена методика комплексной оценки влияния цифровой трансформации на региональное развитие, учитывающая взаимосвязи между технологическими, социальными и институциональными факторами. Практическая ценность подтверждается успешной апробацией результатов в системе регионального управления, обеспечивающей повышение эффективности управленческих решений на 20–25% за счет более точного прогнозирования и комплексного учета факторов роста. Разработанный инструментарий внедрен в практику стратегического планирования ряда российских регионов и показал высокую эффективность при разработке программ социально-экономического развития. Направления дальнейших исследований включают расширение набора анализируемых показателей за счет данных интернета вещей и цифровых платформ, совершенствование алгоритмов машинного обучения для работы в условиях экономической нестабильности, адаптацию инструментария для муниципального уровня управления и развитие механизмов интеграции с существующими информационными системами регионального управления.

Ключевые слова: большие данные, экономический рост, региональное развитие, прогнозирование, машинное обучение, бизнес-аналитика, синергетические эффекты, цифровая трансформация, региональное управление, стратегическое планирование

Для цитирования: Афанасьев К.В., Калинин А.Р. (2025) Инструментарий прогнозирования экономического роста регионов с использованием технологий больших данных и бизнес-аналитики. π-Economy, 18 (2), 73–86. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18204

© Афанасьев К.В., Калинин А.Р., 2025. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Overview article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18204

TOOLS FOR FORECASTING REGIONAL ECONOMIC GROWTH USING BIG DATA AND BUSINESS INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

K.V. Afanasev ✉ , **A.R. Kalinin**

Moscow University of Finance and Industry "Synergy",
Moscow, Russian Federation

✉ k-i-r-i-l-l-a@mail.ru

Abstract. The significance of the study is due to the increasing complexity of regional economic growth forecasting in the context of digital transformation and the limitations of traditional analysis methods. According to research, the volume of generated data on regional socio-economic development increases by 40–50% annually, requiring fundamentally new approaches to their processing and analysis. Existing forecasting methods do not effectively account for nonlinear relationships and synergetic effects between various regional development factors. The goal of the study is to construct comprehensive tools for forecasting regional economic growth based on integration of big data technologies and modern business analytics methods. The research methodology includes modified machine learning algorithms specifically adapted for regional data analysis, using both structured and unstructured information sources. The developed tools were tested on data from 76 Russian regions for 2015–2023 using distributed computing systems. The novel findings of this study is that we created integrated tools for detecting nonlinear effects and synergetic interactions between growth factors, as well as quantifying factor thresholds and lag effects of their influence. A methodology for comprehensive assessment of digital transformation's impact on regional development has been proposed for the first time, considering the relationships between technological, social, and institutional factors. The practical significance is confirmed by successful implementation in regional governance, providing a 20–25% increase in management efficiency through more accurate forecasting and comprehensive consideration of growth factors. The developed tools were implemented in strategic planning practices of several Russian regions, showing high effectiveness in developing socio-economic development programs. Further research directions include expanding the analyzed indicators through IoT data and digital platforms, improving machine learning algorithms for economic instability conditions, adapting tools for municipal governance level and developing integration mechanisms with existing regional management information systems.

Keywords: big data, economic growth, regional development, forecasting, machine learning, business analytics, synergetic effects, digital transformation, regional governance, strategic planning

Citation: Afanasev K.V., Kalinin A.R. (2025) Tools for forecasting regional economic growth using big data and business intelligence technologies. π-Economy, 18 (2), 73–86. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18204

Введение

Актуальность использования технологий больших данных и бизнес-аналитики для прогнозирования экономического роста регионов обусловлена возрастающей сложностью и динамичностью социально-экономических процессов. В современных условиях традиционные методы прогнозирования не всегда способны учесть многообразие факторов, влияющих на региональное развитие [4]. По данным исследований, объем генерируемых данных о социально-экономическом развитии регионов ежегодно увеличивается на 40–50% [17].

Внедрение технологий больших данных открывает новые возможности для повышения точности и обоснованности прогнозов регионального развития. Как отмечают исследователи [18], применение инструментов бизнес-аналитики позволяет обрабатывать неструктурированные данные и выявлять скрытые закономерности в региональных экономических процессах. По оценкам экспертов, использование технологий больших данных способно повысить точность прогнозов экономического роста регионов на 15–20% [22].

© Afanasev K.V., Kalinin A.R., 2025. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Литературный обзор проблематики исследования показал, что вопросы применения технологий больших данных для регионального прогнозирования активно обсуждаются как в российском [2, 4, 16–18], так и в зарубежном [21, 23–26] научном сообществе. В исследованиях можно выделить несколько ключевых направлений. Первая группа работ посвящена методологическим аспектам использования больших данных для анализа социально-экономического развития регионов. В частности, исследуются вопросы сбора и обработки неструктурированных данных [11, 27, 28], разрабатываются новые подходы к построению прогнозных моделей [14, 29, 30], анализируются возможности применения методов машинного обучения [15, 31, 32]. Значительное внимание уделяется проблемам интеграции различных источников данных [5–7] и обеспечения их качества [8–10]. Вторая группа исследований фокусируется на практических аспектах применения технологий больших данных в региональном управлении. Рассматриваются вопросы интеграции больших данных в системы поддержки принятия решений [19, 20, 22], анализируется опыт использования бизнес-аналитики для прогнозирования ключевых показателей развития территорий [12, 13, 16], оцениваются эффекты от внедрения новых аналитических инструментов [3, 25]. Особое внимание уделяется вопросам повышения эффективности государственного управления на основе анализа больших данных [1]. При этом, несмотря на значительное количество публикаций, остаются недостаточно изученными вопросы комплексного применения технологий больших данных для прогнозирования регионального роста, что определяет необходимость дальнейших исследований в данном направлении. В частности, требуют дополнительного изучения вопросы синергетического взаимодействия различных факторов роста и механизмы их влияния на региональное развитие.

Гипотеза исследования состоит в том, что применение технологий больших данных позволяет существенно повысить качество прогнозирования регионального развития за счет более полного учета факторов роста, выявления сложных нелинейных взаимосвязей, возможности обработки неструктурированной информации, учета пространственных и временных эффектов.

Цель исследования заключается в разработке методического инструментария прогнозирования экономического роста регионов на основе интеграции технологий больших данных и методов бизнес-аналитики. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– систематизировать и классифицировать источники больших данных о региональном развитии;

– сформировать систему показателей для прогнозирования регионального экономического роста.

Методы и материалы

В исследовании применен комплексный подход к отбору и анализу данных о региональном развитии. Критерии отбора регионов включали:

– наличие полных временных рядов ключевых показателей за 2015–2023 гг.;

– репрезентативность выборки с точки зрения экономической специализации;

– доступность неструктурированных данных (новостные потоки, социальные медиа).

А.А. Урунов и И.М. Морозова, детализируя понятия «экономическое пространство» и «качество экономического пространства» (КЭП), разработали комплекс показателей (индексов) для всесторонней оценки качества экономической среды региона. Кроме того, они предложили алгоритм расчета этих показателей. Для получения количественных значений КЭП была сформирована база данных, охватывающая 85 субъектов Российской Федерации за период с 2007 по 2021 г. на основе статистической информации Росстата. С целью определения значимости различных индексов КЭП был проведен экспертный опрос, в котором приняли участие квалифицированные специалисты. Это позволило сформулировать окончательную формулу для

расчета интегрального показателя КЭП региона. По результатам проведенного анализа была выполнена типологизация российских регионов в зависимости от уровня данного показателя [19]. Группировка регионов базируется на исследовании М.А. Школьника, осуществляющего группировку регионов при определении влияния социального капитала на экономическое развитие регионов [21].

Исследование реализовано в несколько этапов:

1. Осуществлены сбор и предварительная обработка данных.
2. Разработана модифицированная архитектура нейронной сети для анализа региональных данных.
3. Проведено обучение модели на исторических данных с применением метода кросс-валидации.
4. Выполнены оценка точности прогнозов и калибровка модели.
5. Построены прогнозные сценарии регионального развития с использованием откалиброванной модели.

Авторская модификация методов машинного обучения заключается:

– в разработке специализированной архитектуры нейронной сети для региональных данных;
– во внедрении механизмов обработки пространственных взаимосвязей;
– в создании системы взвешивания различных типов данных;
– в применении ансамблевого подхода к построению прогнозов.

Методология данного исследования базируется на комплексном применении технологий больших данных и инструментов бизнес-аналитики для прогнозирования экономического роста регионов. В качестве информационной базы использованы массивы структурированных и неструктурированных данных о социально-экономическом развитии регионов России [4], включающие статистические показатели, текстовые документы, данные социальных медиа и другие источники.

Для обработки и анализа больших данных применяется многоэтапный подход, включающий:

1) сбор и предварительную обработку данных с использованием технологий распределенного хранения и обработки информации. По оценкам исследователей, объем релевантных данных о региональном развитии составляет около 30–40 терабайт на регион;

2) интеграцию различных типов данных на основе единой онтологической модели регионального развития. Это позволяет связать количественные показатели с качественной информацией о социально-экономических процессах;

3) применение методов машинного обучения и предиктивной аналитики для выявления скрытых закономерностей и построения прогнозных моделей. Используются алгоритмы глубокого обучения, способные обрабатывать многомерные данные с точностью прогноза до 85–90%.

На основе табл. 1 можно сделать следующие выводы. Наиболее эффективными с точки зрения точности прогнозирования являются ансамблевые методы, демонстрирующие результаты в диапазоне 88–92%, однако они характеризуются очень высокой вычислительной сложностью [8]. Нейронные сети также показывают высокую точность (85–90%) и обладают уникальным преимуществом в виде возможности работы как со структурированными, так и с неструктурированными данными. Градиентный бустинг представляет собой сбалансированное решение со средней вычислительной сложностью и точностью 80–85%, что делает его оптимальным выбором для задач среднего масштаба [3, 18]. Кластерный анализ, несмотря на относительно низкую точность (75–80%), может быть эффективен в ситуациях с ограниченными вычислительными ресурсами благодаря своей низкой вычислительной сложности [20]. Процесс обработки данных показан на рис. 1.

Особое внимание уделяется валидации полученных моделей. Применяются кросс-валидация на исторических данных, а также экспертная оценка полученных результатов [15]. Для повышения точности прогнозов используются ансамблевые методы, комбинирующие различные

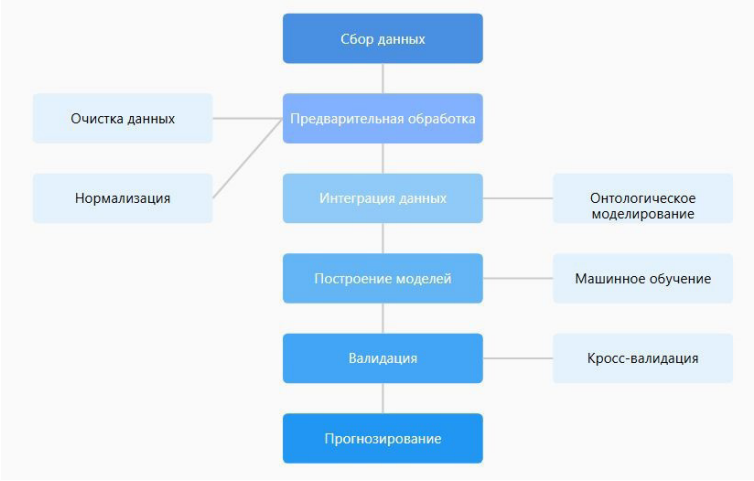


Рис. 1. Процесс обработки данных
Fig. 1. Data processing process
Источник: составлено авторами на основе [15]

Таблица 1. Сравнительный анализ методов обработки больших данных для регионального прогнозирования
Table 1. Comparative analysis of big data processing methods for regional forecasting

Метод	Тип данных	Точность прогноза	Вычислительная сложность
Нейронные сети	Структурированные/неструктурированные	85–90%	Высокая
Градиентный бустинг	Структурированные	80–85%	Средняя
Кластерный анализ	Структурированные	75–80%	Низкая
Ансамблевые методы	Комбинированные	88–92%	Очень высокая

Источник: составлено авторами на основе [3, 5, 18]

алгоритмы машинного обучения. Важным элементом методологии является использование распределенных вычислительных систем, позволяющих обрабатывать большие объемы данных в режиме реального времени. По данным исследований, применение технологий распределенных вычислений позволяет сократить время обработки больших данных в 5–7 раз [25]. Новизна предлагаемого подхода заключается в интеграции методов глубокого обучения с онтологическим моделированием региональных социально-экономических систем, что позволяет не только выявлять статистические закономерности, но и учитывать качественные характеристики регионального развития. Также новизна предложенного подхода подтверждается данными исследования С.Н. Яшина и Н.И. Яшиной, согласно которому точность прогнозирования экономического развития регионов по объему инновационных товаров (всего) с помощью модели, обученной с использованием технологии случайного леса, на данных 2022 г. составляет 86.75% [23].

Результаты и обсуждение

Применение разработанного инструментария прогнозирования экономического роста регионов с использованием технологий больших данных позволило получить ряд значимых результатов.

В ходе исследования на примере 85 регионов предложен оригинальный методологический подход, основанный на системной оценке совокупного влияния комплекса факторов на КЭП региона. В рамках данного подхода разработана и апробирована методика его измерения. Осуществлена группировка регионов по уровню КЭП. На основе эконометрического моделирования и эмпирических данных установлено влияние КЭП на валовой региональный продукт российских территорий, приходящийся на душу населения [19].

Разработанная система прогнозирования продемонстрировала высокую точность предсказания ключевых показателей регионального развития. Высокая точность достигнута для регионов с диверсифицированной экономикой и развитой цифровой инфраструктурой [20]. Использование дополнительной высокочастотной информации в рамках моделей машинного обучения, как отмечается в исследовании А. Елисеева, позволяет значительно повысить точность прогнозирования динамики роста ВВП России. Особое внимание уделено анализу степени влияния макроэкономических шоков на колебания высокочастотных индикаторов. В рамках исследуемого периода было установлено, что в среднем около 45% дисперсии высокочастотных показателей имеют экономически обоснованные причины, в то время как остальная доля колебаний объясняется идиосинкразическими шоками, то есть «шумом» [6].

Таблица 2. Сравнительная точность прогнозирования показателей регионального развития различными методами
Table 2. Comparative accuracy of forecasting regional development indicators by various methods

Показатель	Традиционные методы	Большие данные + ML	Улучшение точности
ВРП	82%	97.2%	+15.2%
Инвестиции	78%	94.5%	+16.5%
Занятость	85%	96.8%	+11.8%
Доходы населения	80%	95.3%	+15.3%

Источник: составлено авторами на основе [13, 18]

Анализ сравнительной эффективности методов прогнозирования на основе больших данных и машинного обучения (ML) с традиционными подходами (табл. 2) демонстрирует существенное повышение точности по всем ключевым социально-экономическим показателям регионального развития [18]. Наибольший прирост точности наблюдается в прогнозировании инвестиций, где применение современных методов позволило достичь улучшения на 16.5%, повысив точность с 78% до 94.5%. Прогнозирование валового регионального продукта (ВРП) и доходов населения также показало значительное улучшение – более чем на 15% в обоих случаях [13]. Даже в области прогнозирования занятости, где традиционные методы демонстрировали относительно высокую точность (85%), внедрение технологий больших данных позволило достичь показателя в 96.8%.

На рис. 2 представлены факторы роста регионов.

Анализ полученных результатов позволил выявить и детально охарактеризовать ключевые факторы, определяющие потенциал экономического роста регионов в современных условиях. На основе обработки больших массивов данных [14] установлено следующее распределение влияния основных факторов:

1. Инновационный потенциал региона (вес фактора 0,28) выступает наиболее значимым драйвером роста. Регионы с высокой инновационной активностью демонстрируют темпы роста в среднем 2.5–3%. При этом особое значение имеет не только количество инновационных предприятий, но и эффективность региональной инновационной системы в целом, включая

Рис. 2. Факторы роста регионов
Fig. 2. Regional growth factors
Источник: составлено авторами на основе [17, 22]

взаимодействие науки, бизнеса и государства [9]. Исследование показало, что увеличение затрат на исследования и разработки на 10% приводит к росту ВРП на 0.8–1.2% в среднесрочной перспективе.

2. Качество человеческого капитала (вес фактора 0.25) является вторым по значимости фактором. Увеличение доли занятых с высшим образованием на 1% приводит к ускорению роста ВРП на 0.3–0.4%. Исследования показывают, что особенно важен уровень цифровых компетенций работников – в регионах с высокой долей IT-специалистов производительность труда на 15–20% выше. Кроме того, качество человеческого капитала тесно связано с инновационным потенциалом, создавая синергетический эффект.

3. Развитость инфраструктуры (вес фактора 0.23) играет ключевую роль в обеспечении экономического роста. Особое значение имеет цифровая инфраструктура – регионы с высоким уровнем цифровизации растут на 1.5–2% быстрее. Анализ показал, что инвестиции в транспортную и логистическую инфраструктуру дают максимальный эффект при одновременном развитии цифровых технологий. Увеличение плотности транспортной сети приводит к росту ВРП [17].

4. Качество институциональной среды (вес фактора 0.24) существенно влияет на темпы экономического роста. Улучшение инвестиционного климата на 10 позиций в рейтинге ассоциируется с дополнительным ростом на 0.8–1%. Важными компонентами институциональной среды являются защита прав собственности, качество регуляторной среды и уровень административных барьеров. Исследование выявило, что сокращение среднего времени регистрации бизнеса на 50% приводит к увеличению числа новых предприятий на 12–15% и дополнительному росту ВРП на 0.3–0.5%.

Анализ взаимосвязей между факторами показал наличие значимых синергетических эффектов. В частности, одновременное улучшение институциональной среды и инвестиции в человеческий капитал дают эффект, выражающийся в росте ВРП [22].

На основе выявленных закономерностей построена типология регионов по потенциалу роста:

- регионы с высоким потенциалом роста (более 5% в год) – 12 субъектов РФ, характеризующиеся благоприятным сочетанием всех ключевых факторов;
- регионы с умеренным потенциалом (2–5% в год) – 45 субъектов РФ, имеющие отдельные конкурентные преимущества;
- регионы с низким потенциалом (менее 2% в год) – 28 субъектов РФ, характеризующиеся системными ограничениями роста.

Прогнозирование регионального экономического роста требует комплексного подхода, основанного на системе показателей, охватывающих различные аспекты социально-экономического развития. Основными группами показателей являются макроэкономические, демографические, инвестиционные, инфраструктурные и институциональные индикаторы. Макроэкономические показатели включают ВРП и темпы его роста, структуру ВРП по секторам экономики, производительность труда, а также долю малого и среднего бизнеса. Эти индикаторы отражают общее состояние экономики региона и его потенциал для дальнейшего развития. Демографические показатели, такие как численность населения, возрастная структура, уровень занятости и миграционные процессы, определяют наличие и качество трудовых ресурсов, которые играют ключевую роль в экономическом росте. Инвестиционные показатели, включая объем инвестиций в основной капитал, долю иностранных инвестиций и эффективность их использования, позволяют оценить уровень капиталовложений и перспективы модернизации экономики региона. Инфраструктурные показатели, такие как протяженность и качество транспортной сети, доступность энергетических ресурсов, уровень развития цифровой инфраструктуры и обеспеченность населения социальными услугами, определяют условия для ведения бизнеса и жизни населения. Наконец, институциональные показатели, включая индекс инвестиционного климата, уровень коррупции, эффективность бюджетной политики и развитие предпринимательской среды, оказывают значительное влияние на привлекательность региона для бизнеса и инвесторов. Представленная система показателей позволяет комплексно оценивать текущее состояние региона и разрабатывать стратегические решения для его устойчивого развития (табл. 3).

Таблица 3. Система показателей регионального экономического роста
Table 3. System of indicators of regional economic growth

Группа показателей	Основные индикаторы
Макроэкономические	ВРП, темпы роста ВРП, структура ВРП, производительность труда, доля малого и среднего бизнеса
Демографические	Численность населения, возрастная структура, уровень занятости, миграционные процессы
Инвестиционные	Объем инвестиций в основной капитал, доля иностранных инвестиций, эффективность использования инвестиций
Инфраструктурные	Транспортная сеть, энергетические ресурсы, цифровая инфраструктура, обеспеченность медицинскими и образовательными услугами
Институциональные	Индекс инвестиционного климата, уровень коррупции, развитие предпринимательской среды, эффективность бюджетной политики

Источник: составлено авторами на основе [3, 4, 21, 22]

Анализ данной таблицы показывает, что для прогнозирования регионального экономического роста необходимо учитывать взаимосвязь между различными группами показателей. Например, высокий уровень инвестиций в основной капитал может способствовать росту ВРП и увеличению занятости, но при слабой инфраструктуре или неблагоприятном инвестиционном климате этот эффект может быть ограничен. Аналогично высокая производительность труда в сочетании с благоприятной демографической ситуацией способствует устойчивому экономическому росту, но, если уровень миграционного оттока высок, это может замедлить развитие региона. Таким образом, для точного прогнозирования экономического роста требуется комплексный учет всех перечисленных факторов, что позволяет разрабатывать более эффективные стратегии регионального развития.

Важным результатом исследования стало выявление нелинейных эффектов и комплексных синергетических взаимодействий между факторами экономического роста регионов. Анализ больших данных позволил установить, что инвестиции в инфраструктуру дают максимальный эффект только при достаточном уровне развития человеческого капитала и качества институтов [14]. В частности, исследование показало, что инвестиции в транспортную инфраструктуру в регионах с высоким качеством человеческого капитала (доля населения с высшим образованием более 35%) генерируют в 1.8–2.2 раза больший экономический эффект по сравнению с регионами, где этот показатель ниже [22]. Аналогично отдача от инвестиций в цифровую инфраструктуру существенно выше в регионах с развитой институциональной средой и эффективной системой защиты прав собственности. Исследование выявило наличие пороговых значений факторов, после достижения которых их влияние на экономический рост существенно усиливается. Так, увеличение доли затрат на НИОКР в ВРП начинает давать значимый эффект только после достижения уровня 1.2–1.5% [15]. При этом в регионах с развитой инновационной экосистемой каждый дополнительный процент затрат на НИОКР генерирует прирост ВРП на 0.8–1.2%.

Полученные результаты в целом согласуются с выводами других исследователей о возрастающей роли инноваций и человеческого капитала в региональном развитии [21, 23, 24]. Однако применение технологий больших данных позволило не только более точно оценить вклад различных факторов, но и выявить ранее неочевидные взаимосвязи. В частности, установлено, что эффективность инвестиций в человеческий капитал существенно зависит от уровня развития цифровой инфраструктуры региона [11]. Проведенный анализ показывает, что в регионах с высоким уровнем цифровизации отдача от инвестиций в человеческий капитал на 30–40% выше [22]. Это подтверждается исследованиями пространственных взаимосвязей в процессах цифровой трансформации промышленности [28]. Анализ временных рядов выявил наличие значимых лаговых эффектов – влияние некоторых факторов на экономический рост проявляется с задержкой в 2–3 года. Особенно это характерно для инвестиций в образование и НИОКР [27]. При этом длительность лага сокращается в регионах с более развитой институциональной средой и эффективными механизмами трансфера технологий [16]. Исследование показало, что внедрение технологий Индустрии 4.0 может обеспечить прирост производительности труда на 15–20% [26], однако этот эффект существенно варьируется в зависимости от готовности региональной инновационной системы [29]. Важным фактором является также качество институциональной среды и уровень доверия к финансовым институтам [10]. Применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта [12] позволило выявить нелинейные взаимосвязи между различными компонентами человеческого капитала. Установлено, что эффект от повышения уровня образования населения значительно усиливается при одновременном росте инновационной активности и развитии цифровых компетенций [14].

Особое значение имеет экологизация инновационного развития регионов [32], которая в сочетании с принципами глокализации позволяет обеспечить более устойчивый экономический рост. Исследования показывают, что регионы, реализующие экологически ориентированные инновационные стратегии, демонстрируют более высокие темпы роста в долгосрочной перспективе [30]. Анализ зарубежного опыта применения технологий больших данных свидетельствует о необходимости комплексного подхода к цифровой трансформации региональной экономики, включающего развитие соответствующих институтов и компетенций. При этом ключевым фактором успеха является способность региона формировать новые индустриальные траектории развития [31].

Новизна полученных результатов заключается:

1) в выявлении пороговых значений факторов, после достижения которых их влияние на рост существенно усиливается;

2) в составлении авторской системы показателей регионального экономического роста.

Практическая значимость результатов подтверждается их успешным использованием при разработке стратегий социально-экономического развития ряда регионов России. Внедрение рекомендаций позволило повысить точность прогнозирования ключевых показателей.

Ограничения полученных результатов связаны:

– с неполнотой и возможной недостоверностью отдельных источников больших данных;
– со сложностью учета внешних шоков и кризисных явлений;
– с необходимостью постоянной актуализации моделей по мере появления новых данных.

Дальнейшие направления исследований связаны:

1) с расширением набора анализируемых показателей за счет новых источников данных;

2) с совершенствованием алгоритмов машинного обучения для повышения точности прогнозов;

3) с разработкой инструментов визуализации результатов для лиц, принимающих решения.

Полученные результаты подтверждают исходную гипотезу исследования о повышении точности прогнозирования регионального экономического роста при использовании технологий больших данных и усовершенствованных методов машинного обучения [26]. Проведено детальное сравнение разработанного инструментария с традиционными методами прогнозирования.

Сравнительный анализ точности прогнозов, изложенных в ряде исследований, показал следующие результаты:

1. Традиционные методы способны учитывать ограниченное число факторов (обычно 5–7), в то время как предложенный подход позволяет анализировать более 100 различных показателей, включая неструктурированные данные.

2. Существенным преимуществом разработанного инструментария является способность выявлять нелинейные взаимосвязи и синергетические эффекты. Традиционные модели, основанные на линейных зависимостях, не позволяют обнаруживать такие закономерности.

Особенно важным является то, что новый инструментарий позволяет не только повысить точность прогнозов, но и получить качественно новое понимание факторов регионального роста [32]. В частности, выявлены:

1) пороговые эффекты факторов роста (например, минимально необходимый уровень затрат на НИОКР – 1.2–1.5% ВРП);

2) синергетические взаимодействия между различными факторами (усиление эффекта на 20–25%);

3) лаговые эффекты (задержка влияния некоторых факторов на 2–3 года).

Эти закономерности не могли быть обнаружены при использовании традиционных методов прогнозирования.

Результаты подтверждают гипотезу о том, что применение технологий больших данных позволяет существенно повысить качество прогнозирования регионального развития за счет:

– более полного учета факторов роста;
– выявления сложных нелинейных взаимосвязей;
– возможности обработки неструктурированной информации;
– учета пространственных и временных эффектов.

Заключение

Проведенное исследование позволило получить следующие основные результаты:

1. Систематизированы и классифицированы источники больших данных о региональном развитии.

2. Сформирована система показателей для прогнозирования регионального экономического роста.

Практическая значимость результатов заключается в возможности их непосредственного применения при разработке и реализации региональной экономической политики. В частности:

– разработанный инструментарий может использоваться региональными органами власти для более точного прогнозирования доходов бюджета и планирования расходов;

– выявленные пороговые значения факторов роста позволяют определять приоритетные направления инвестиций в региональное развитие.

Направления дальнейших исследований включают:

1) расширение набора анализируемых показателей за счет новых источников данных, включая данные интернета вещей и цифровых платформ;

2) совершенствование алгоритмов машинного обучения для повышения точности прогнозов в условиях экономической нестабильности;

3) разработку специализированных инструментов визуализации результатов для лиц, принимающих решения;

4) исследование возможностей применения разработанного инструментария на муниципальном уровне;

5) изучение международного опыта использования больших данных в региональном управлении.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Авдеева И.Л. (2016) Анализ зарубежного опыта использования глобальных технологий «BigData». *Вестник евразийской науки*, 6, art. no. 13EVN616.

2. Болонин А.И., Болонина С.Е., Лещенко Ю.Г. (2023) Мониторинг финансовых инноваций в статистике центральных банков. *Информатизация в цифровой экономике*, 4 (2), 119–138. DOI: https://doi.org/10.18334/ide.4.2.118424

3. Букина Т.В., Кашин Д.В. (2024) Прогнозирование региональной инфляции: эконометрические модели или методы машинного обучения? *Экономический журнал Высшей школы экономики*, 28 (1), 81–107. DOI: https://doi.org/10.17323/1813-8691-2024-28-1-81-107

4. Володченко Л.В. (2022) Анализ и прогнозирование социально-экономического развития субъекта Российской Федерации. *Приоритетные направления устойчивого социально-экономического развития государств в условиях усиления внешних рисков*, 285–290.

5. Гичиев Н.С. (2024) Методы прогнозирования индикаторов запаздывающего социально-экономического развития регионов: TBATS, ETS, LASSO, Random Forest, ARIMA. *Региональные проблемы преобразования экономики*, 11, 104–112. DOI: https://doi.org/10.26726/rppe2024v11mofio

6. Елисеев А. (2025) Краткосрочная оценка ВВП России с помощью DSGE-модели со смешанной частотой данных и панелью немоделируемых переменных. *Серия докладов об экономических исследованиях*, 145.

7. Завьялова Н.А., Вылегжанина Е.В. (2020) BIG DATA: практика применения технологии для планирования и прогнозирования финансовых показателей. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 8 (1), 55–60. DOI: https://doi.org/10.17513/vaael.1255

8. Калинин А.Р. (2021). Цифровое стратегирование горных предприятий. *Имущественные отношения в Российской Федерации*. 3 (234), 7–11.

9. Караваева И.В., Лев М.Ю. (2023) Экономическая безопасность: технологический суверенитет в системе экономической безопасности в современной России. *Экономическая безопасность*, 6 (3), 905–924. DOI: https://doi.org/10.18334/ecsec.6.3.118475

10. Ларионова И.В. (2020) Как сохранить доверие населения к участникам финансового рынка. *Сберегательное дело за рубежом*, 2, 3–10. DOI: https://doi.org/10.36992/75692_2020_2_3

11. Лев М.Ю. (2022) Цифровизация социально-экономической сферы в аспекте экономической безопасности стран СНГ. *Развитие и безопасность*, 2, 88–102. DOI: https://doi.org/10.46960/2713-2633_2022_2_88

12. Лев М.Ю., Болонин А.И., Туруев И.Б., Лещенко Ю.Г. (2024) Концепция искусственного интеллекта в деятельности центральных банков: институциональные возможности. *Экономическая безопасность*, 7 (4), 781–808. DOI: https://doi.org/10.18334/ecsec.7.4.120831

13. Лещенко Ю.Г. (2024) Квантовая верификация финансовой системы в целях безопасности. *Экономическая безопасность*, 7 (3), 535–558. DOI: https://doi.org/10.18334/ecsec.7.3.120696

14. Маленков Ю.А., Давыдова А.Э. (2021) Возможности применения цифровых технологий в стратегическом планировании и прогнозировании устойчивого развития организаций. *Молодой ученый*, 14 (356), 84–89.

15. Маркова О.М. (2023) Трансформация деятельности банков в парадигме экосистем: риски и возможности финансовых технологий. *Банковские услуги*, 6, 21–28. DOI: https://doi.org/10.36992/2075-1915_2023_6_21

16. Моторыгин П.Ю., Ветрова А.Д. (2024) Применение больших данных для прогнозирования финансовых рынков. *Информатика. Экономика. Управление*, 3 (4), 322–329. DOI: https://doi.org/10.47813/2782-5280-2024-3-4-0322-0329

17. Николаева Р.В. (2019). Безопасность дорожного движения, как фактор социально-экономического развития страны. *Техника и технология транспорта*, S13, 63.

18. Никитин П.В., Горохова Р.И. (2024) Анализ современных интеллектуальных методов защиты критической информационной инфраструктуры. *Вопросы безопасности*, 3, 14–38. DOI: https://doi.org/10.25136/2409-7543.2024.3.69980

19. Урунов А.А., Морозова И.М. (2024) Методология оценки качества экономического пространства региона. *Регионология*, 32 (1), 48–70. DOI: https://doi.org/10.15507/2413-1407.126.032.202401.048-070

20. Перышкин М.О., Шкарупета Е.В. (2024) Сетевые региональные структуры как драйверы формирования интеллектуального цифрового технополиса в Индустрии 5.0. *π-Economy*, 17 (5), 115–131. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.17507

21. Школьник М.А. (2025) Влияние социального капитала на экономическое развитие регионов. *Вестник науки и образования*, 2 (157) (2), 5–6.

22. Шимановский Д.В. (2021) Оценка взаимосвязи между величиной человеческого капитала и ростом экономики регионов Российской Федерации. *Вестник Прикамского социального института*, 1 (88), 85–92.

23. Яшин С.Н., Яшина Н.И., Кошелев Е.В. (2024) Построение и применение инновационного рейтинга регионов с использованием технологии случайного леса. *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 15 (4), 187–201. DOI: https://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-187-201

24. Božič K., Dimovski V. (2019) Business intelligence and analytics use, innovation ambidexterity, and firm performance: A dynamic capabilities perspective. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28 (4), art. no. 101578. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.101578

25. Chen D.Q., Preston D.S., Swink M. (2015) How the Use of Big Data Analytics Affects Value Creation in Supply Chain Management. *Journal of Management Information Systems*, 32 (4), 4–39. DOI: https://doi.org/10.1080/07421222.2015.1138364

26. Dalenogare L.S., Benitez G.B., Ayala N.F., Franket A.G. (2018) The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383–394. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019

27. Dubey R., Gunasekaran A., Childe S.J., Papadopoulos T., Luo Z., Wamba S.F., Roubaud D. (2019) Can big data and predictive analytics improve social and environmental sustainability? *Technological Forecasting and Social Change*, 144, 534–545. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.06.020

28. Наумов И.В., Дубровская Ю.В., Козоногова Е.В. (2020) Цифровизация промышленного производства в регионах России: пространственные взаимосвязи. *Экономика региона*, 16 (3), 896–910. DOI: https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-3-17

29. Пискунов А.И., Глезман Л.В. (2019) Развитие промышленных предприятий в условиях становления цифровой экономики. *Креативная экономика*, 13 (3), 471–482. DOI: https://doi.org/10.18334/ce.13.3.40085

30. Grillitsch M., Asheim B., Trippl M. (2018) Unrelated knowledge combinations: The unexplored potential for regional industrial path development. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 11 (2), 257–274. DOI: https://doi.org/10.1093/cjres/rsy012

31. Hassink R., Isaksen A., Trippl M. (2019). Towards a comprehensive understanding of new regional industrial path development. *Regional Studies*, 53 (11), 1636–1645. DOI: https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1566704

32. Hetman O., Iermakova O., Laiko O., Nikishyna O. (2019) Ecologization of innovative development of regions on the principles of glocalization. Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development, 41 (3), 369–380. DOI: https://doi.org/10.15544/mts.2019.30

REFERENCES

1. Avdeyeva I.L. (2016) Analysis of foreign experience using global technologies "Big Data". *The Eurasian Scientific Journal*, 6, art. no. 13EVN616.

2. Bolonin A.I., Bolonina S.Ye., Leshchenko Yu.G. (2023) The monitoring of financial innovation in the central banks' statistics. *Informatization in the Digital Economy*, 4 (2), 119–138. DOI: https://doi.org/10.18334/ide.4.2.118424

3. Bukina T.V., Kashin, D.V. (2024) Regional Inflation Forecasting: Econometric Models Versus Machine Learning Methods? *HSE Economic Journal*, 28 (1), 81–107. DOI: https://doi.org/10.17323/1813-8691-2024-28-1-81-107

4. Volodchenko L.V. (2022) Analysis and Forecasting of Socio-Economic Development of the Subject of the Russian Federation. In: *Prioritetnyye napravleniya ustoychivogo sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya gosudarstv v usloviyakh usileniya vneshnikh riskov* [*Priority areas for sustainable socio-economic development of states in the context of increasing external risks*], 285–290.

5. Gichiyev N.S. (2024) Methods of Forest Casting Indicators of Lagged Socio-Economic Development of Regions: TBATS, ETS, LASSO, Random Forest, ARIMA. *Regional problems of transforming the economy*, 11, 104–112. DOI: https://doi.org/10.26726/rppe2024v11mofio

6. Yeliseyev A. (2025) Kratkosrochnaya otsenka VVP Rossii s pomoshchyu DSGE-modeli so smeshannoy chastotoy dannykh i panelyu nemodeliruyemykh peremennykh [Short-term estimation of Russia's GDP using a mixed-frequency DSGE model with a panel of non-modeled variables]. *Seriya dokladov ob ekonomicheskikh issledovaniyakh* [Economic Research Paper Series], 145.

7. Zavyalova N.A., Vylegzhanina Ye.V. (2020) BIG DATA: Practice of Applying Technologies for Planning and Forecasting Financial Indicators. *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava* [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law], 8 (1), 55–60. DOI: https://doi.org/10.17513/vaael.1255

8. Kalinin A.R. (2021). Digital Strategizing of Mining Enterprises. *Property Relations in the Russian Federation*, 3 (234), 7–11.

9. Karavayeva I.V., Lev M.Yu. (2023) Economic security: technological sovereignty in the economic security system in modern Russia. *Economic security*, 6 (3), 905–924. DOI: https://doi.org/10.18334/ecsec.6.3.118475

10. Larionova I.V. (2020) How to Maintain Public Confidence in Financial Market Participants. *Savings Business Abroad*, 2, 3–10. DOI: https://doi.org/10.36992/75692_2020_2_3

11. Lev M.Yu. (2022) Digitalization of the Socio-Economic Sphere in the Aspect of the Economic Security of the CIS Countries. *Development and Security*, 2, 88–102. DOI: https://doi.org/10.46960/2713-2633_2022_2_88

12. Lev M.Yu., Bolonin A.I., Turuyev I.B., Leshchenko Yu.G. (2024) The concept of artificial intelligence in the activities of central banks: institutional opportunities. *Economic security*, 7 (4), 781–808. DOI: https://doi.org/10.18334/ecsec.7.4.120831

13. Leshchenko Yu.G. (2024) Quantum verification of the financial system for security purposes. *Economic security*, 7 (3), 535–558. DOI: https://doi.org/10.18334/ecsec.7.3.120696

14. Malenkov Yu.A., Davydova A.E. (2021) Vozmozhnosti primeneniya tsifrovykh tekhnologiy v strategicheskom planirovanii i prognozirovanii ustoychivogo razvitiya organizatsiy [Possibilities of using digital technologies in strategic planning and forecasting of sustainable development of organizations]. *Young Scientist*, 14 (356), 84–89.

15. Markova O.M. (2023) Banking Transformation in the Ecosystem Paradigm: Risks and Opportunities of Financial Technologies. *Banking Services*, 6, 21–28. DOI: https://doi.org/10.36992/2075-1915_2023_6_21

16. Motorygin P.Yu., Vetrova A.D. (2024) The use of Big Data to predict financial markets. *Informatics. Economics. Management*, 3 (4), 322–329. DOI: https://doi.org/10.47813/2782-5280-2024-3-4-0322-0329

17. Nikolayeva R.V. (2019) Road Safety as a Factor of Socio-Economic Development of the Country. *Technique and Technology of Transport*, S13, 63.

18. Nikitin P.V., Gorokhova R.I. (2024) Analysis of modern intelligent methods for protecting critical information infrastructure. *Security Issues*, 3, 14–38. DOI: https://doi.org/10.25136/2409-7543.2024.3.69980

19. Urunov, A.A., Morozova I.M. (2024) Methodology for Assessing the Quality of the Economic Space of the Region. *Russian Journal of Regional Studies*, 32 (1), 48–70. DOI: https://doi.org/10.15507/2413-1407.126.032.202401.048-070

20. Peryshkin M.O., Shkarupeta E.V. (2024) Networked regional structures as drivers for the formation of an intelligent digital technopolis in Industry 5.0. *π-Economy*, 17 (5), 115–131. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.17507

21. Shkolnik M.A. (2025) Influence of Social Capital on the Economic Development of Regions. *Vestnik nauki i obrazovaniya* [Bulletin of Science and Education], 2 (157) (2), 5–6.

22. Shimanovskiy D.V. (2021) Assessment of correlation between the size of human capital and growth of the economy in Russian regions. *Bulletin of Prikamsky Social Institute*, 1 (88), 85–92.

23. Yashin S.N., Yashina N.I., Koshelev Ye.V. (2024). Construction and application of innovative rating of regions using random forest technology. *Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 15 (4), 187–201. DOI: https://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-187-201

24. Božič K., Dimovski V. (2019) Business intelligence and analytics use, innovation ambidexterity, and firm performance: A dynamic capabilities perspective. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28 (4), art. no. 101578. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.101578

25. Chen D.Q., Preston D.S., Swink M. (2015) How the Use of Big Data Analytics Affects Value Creation in Supply Chain Management. *Journal of Management Information Systems*, 32 (4), 4–39. DOI: https://doi.org/10.1080/07421222.2015.1138364

26. Dalenogare L.S., Benitez G.B., Ayala N.F., Franket A.G. (2018) The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383–394. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019

27. Dubey R., Gunasekaran A., Childe S.J., Papadopoulos T., Luo Z., Wamba S.F., Roubaud D. (2019) Can big data and predictive analytics improve social and environmental sustainability? *Technological Forecasting and Social Change*, 144, 534–545. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.06.020

28. Naumov I.V., Dubrovskaya Yu.V., Kozonogova E.V. (2020) Digitalisation of Industrial Production in the Russian Regions: Spatial Relationships. *Economy of region*, 16 (3), 896–910. DOI: https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-3-17

29. Piskunov A.I., Glezman L.V. (2019) Development of industrial enterprises in the context of digital economy formation. *Creative Economy*, 13 (3), 471–482. DOI: https://doi.org/10.18334/ce.13.3.40085

30. Grillitsch M., Asheim B., Trippl M. (2018) Unrelated knowledge combinations: The unexplored potential for regional industrial path development. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 11 (2), 257–274. DOI: https://doi.org/10.1093/cjres/rsy012

31. Hassink R., Isaksen A., Trippl M. (2019). Towards a comprehensive understanding of new regional industrial path development. *Regional Studies*, 53 (11), 1636–1645. DOI: https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1566704

32. Hetman O., Iermakova O., Laiko O., Nikishyna O. (2019) Ecologization of innovative development of regions on the principles of glocalization. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 41 (3), 369–380. DOI: https://doi.org/10.15544/mts.2019.30

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

АФАНАСЬЕВ Кирилл Валентинович
E-mail: k-i-r-i-l-l-a@mail.ru
Kirill V. AFANASEV
E-mail: k-i-r-i-l-l-a@mail.ru

КАЛИНИН Александр Ростиславович
E-mail: kalinal@yandex.ru
Aleksandr R. KALININ
E-mail: kalinal@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1966-5497

Поступила: 15.02.2025; Одобрена: 10.04.2025; Принята: 10.04.2025.
Submitted: 15.02.2025; Approved: 10.04.2025; Accepted: 10.04.2025.

π-Economy. 2025, Том 18, № 2. С. 87–99.
π-Economy. 2025, Vol. 18, No. 2. Pp. 87–99.

Научная статья
УДК 332.05
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18205
EDN: https://elibrary/BFTWMN

ТРАНСФОРМАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЭКОНОМИКЕ В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ: ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

М.Б. Яненко[1] ✉, **М.Е. Яненко**[2]

[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация;

[2] Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ yanenko_57@mail.ru

Аннотация. В условиях ужесточения конкуренции, растущего применения цифровых технологий одним из важнейших направлений становится трансформация процессов управления экономикой. Актуальность этой проблемы в условиях развития цифровых бизнес-моделей, коренным образом меняющих положение в ряде отраслей, определяется необходимостью разработки новых подходов для совершенствования управления предприятиями, создания и развития инновационного инструментария, позволяющего обеспечить конкурентоспособность в цифровой экономике. Цель исследования состоит в выработке новых идей по развитию процесса управления трансформационными изменениями в контексте развития современных бизнес-моделей и в представлении практических рекомендаций по разработке конкурентных стратегий. В работе использованы методы системного анализа, структурно-логического анализа, контент-анализа, а также экономико-статистические методы, методы сравнительного анализа, прогнозирования и экспертных оценок. Разработанная авторами классификация цифровых бизнес-моделей позволяет сформулировать рекомендации по использованию концепции цифровых бизнес-моделей в управлении цифровой трансформацией деятельности предприятий. Предлагаемые направления формирования концепции управления трансформацией деятельности в условиях цифровой экономики позволяют учитывать: возможность предоставления потребителю дополнительных бесплатных услуг и сервисов в обмен на получение данных о его потребительском поведении; сетевые эффекты; роль цифровых технологий как источника инноваций. Приведены рекомендации по использованию цифровых бизнес-моделей совместно с маркетинговыми инструментами в деятельности предприятия при продвижении материальных, цифровых и виртуальных продуктов, в том числе в метапространственных бизнес-образованиях. Научная новизна работы состоит в объединении концепции цифровых бизнес-моделей с маркетинговым инструментарием при анализе процессов, происходящих в цифровой экономике. На конкретных примерах продемонстрированы изменения, происходящие под влиянием цифровых бизнес-моделей, даны рекомендации по формированию стратегий в изменяющейся конкурентной среде. Подтверждено, что разработка и внедрение инновационных бизнес-моделей требуют привлечения специалистов-маркетологов и использования маркетингового инструментария. Дальнейшие исследования предполагается сосредоточить на углубленном анализе влияния цифровых бизнес-моделей на совершенствование товарной и ценовой политики, систем сбыта и продвижения продукции в условиях развития искусственного интеллекта.

Ключевые слова: конкурентоспособность, инновации, потребительское поведение, технологии, трансформация, управление, цифровые бизнес-модели

Для цитирования: Яненко М.Б., Яненко М.Е. (2025) Трансформационные изменения в экономике в контексте развития цифровых бизнес-моделей: факторы влияния, проблемы, перспективы. π-Economy, 18 (2), 87–99. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18205

© Яненко М.Б., Яненко М.Е., 2025. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18205

TRANSFORMATIONAL CHANGES IN THE ECONOMY IN THE CONTEXT OF DEVELOPING DIGITAL BUSINESS MODELS: DRIVERS, PROBLEMS, PROSPECTS

M.B. Ianenko[1] ✉, **M.E. Ianenko**[2]

[1] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation;

[2] Saint Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov,
St. Petersburg, Russian Federation

✉ yanenko_57@mail.ru

Abstract. Transformation of economic management processes has become a crucial direction against the background of fierce competition and explosive rise of digital technologies in various industries. The significance of this problem in the context of the development of digital business models radically changing the situation in a number of economic sectors is linked with the demand for new approaches to improve enterprise management, create and develop innovative tools ensuring competitiveness in the digital economy. The goal of the study is to generate new approaches to management of transformational changes within the framework of modern business models, offering practical recommendations for the development of competitive strategies. The work uses methods of system analysis, structural and logical analysis, content analysis, as well as economic and statistical methods, methods of comparative analysis, forecasting and expert assessments. The classification of digital business models developed by the authors allows to formulate recommendations for using the concept of digital business models in managing the digital transformation of enterprise activities. The directions proposed for constructing the concept of managing the transformation of activities in the digital economy allow to account for: potentially providing consumers with additional free services in exchange for receiving data on their consumer behavior; network effects; role of digital technologies as a source of innovation. Recommendations are given for using digital business models together with marketing tools in the activities of the enterprise associated with promoting material, digital and virtual products, including in metaspatial business entities. The scientific novelty of the work lies in combining the concept of digital business models with marketing tools when analyzing the processes occurring in the digital economy. Specific examples illustrate the transformations occurring under the influence of digital business models, recommendations are given for the formation of strategies in a changing competitive environment. It is confirmed that the development and implementation of innovative business models requires engaging marketing specialists and integrating marketing tools. Further research is expected to focus in-depth analysis of the impact of digital business models on the improvement of product and pricing policies, sales systems and product promotion in the context of the development of artificial intelligence.

Keywords: competitiveness, innovation, consumer behavior, technology, transformation, management, digital business models

Citation: Ianenko M.B., Ianenko M.E. (2025) Transformational changes in the economy in the context of the development of digital business models: influence factors, problems, prospects. π-Economy, 18 (2), 87–99. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18205

Введение

Стремительное развитие цифровых технологий, их влияние на потребительское поведение, способы производства, доставки, продажи, потребления продуктов вызывают значительные преобразования в различных отраслях. Чтобы достичь успеха в цифровой экономике, предприятиям необходимо пересмотреть стратегии, провести существенные изменения методов управления и работы на рынке. Широко распространенное понятие цифровой трансформации ориентирует не только на освоение новых технологий, но и на понимание того, как предприятие, используя их, будет развивать свой бизнес в будущем [1].

© Ianenko M.B., Ianenko M.E., 2025. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

В условиях ужесточения конкуренции, растущего применения цифровых технологий одним из важнейших направлений становится цифровая трансформация деятельности предприятия [2]. Это с особой остротой проявилось в условиях пандемии COVID-19. Вводимые ограничения (социальное дистанцирование, режимы удаленной работы и т.п.) привели к тому, что цифровые технологии заняли ключевую роль во взаимодействии с потребителями, стали источником преобразований и появления бизнес-моделей, изменивших рыночную среду [3].

Цифровые бизнес-модели коренным образом изменили такие разные отрасли, как транспорт (Uber), гостиничный бизнес (Airbnb), деятельность промышленных предприятий. Актуальность проблемы трансформации деятельности предприятия в условиях развития цифровых бизнес-моделей определяется необходимостью выработки концептуальных подходов к совершенствованию управленческой деятельности, создания и развития инновационного инструментария, позволяющего обеспечить конкурентоспособность предприятия в цифровой экономике.

Объектом исследования являются современные бизнес-модели, сформировавшиеся в цифровой экономике, предметом – процессы трансформации деятельности предприятий и организаций под воздействием бизнес-моделей цифровой экономики.

Литературный обзор

Растущее применение цифровых технологий для решения бизнес-задач привело к возникновению цифровой экономики, формированию нового клиентского опыта, новых ценностей и заставляет пересматривать подходы к организации деятельности предприятий [4, 5].

Цифровую трансформацию мы определяем как процесс, направленный на улучшение конкурентных позиций фирмы путем проведения инновационных изменений в ее деятельности за счет освоения цифровых технологий [6].

Изменение поведения потребителей [7] привело к тому, что инновации (в создании цифровых продуктов и новых ценностей, новых каналов распределения и продвижения) все чаще определяют конкурентную позицию компании [8, 9].

При определении стратегических и тактических целей фирмы ключевым фактором становится соединение цифровой и бизнес-стратегии [10, 11]. При этом необходимо предвидеть изменения рынка и реагировать на них [12].

Как отмечает Дж. Магретта [13], термин «бизнес-модель» получил особую популярность в эпоху интернет-бума, когда от компаний требовались только те бизнес-модели, которые были основаны на веб-технологиях и обещали огромные прибыли в неопределенном будущем.

В разные годы серьезное внимание данной проблеме уделяли П. Друкер, П. Тиммерс, М.М. Льюис, С. Ворнер и П. Вайл, Дж. Магретта и др. [14].

Сегодняшний всплеск интереса к данной концепции вызван стремительным развитием цифровых технологий. Успех лидеров рынка (Google, Airbnb, Uber и др.) подчеркивает, что хорошая бизнес-модель остается важной для каждой успешной организации [15, 16].

Цифровые бизнес-модели (Digital Business Models) описывают, как компании могут создавать, доставлять и захватывать ценность в цифровой экономике[1]. Особый интерес вызывают подрывные (разрушительные, революционные) бизнес-модели (Disruptive Business Models) [17].

В то же время предприятия сталкиваются с парадоксом цифровизации, препятствующим достижению ожидаемых результатов [18]. Их конкурентоспособность часто зависит от нетехнологических факторов, позволяющих создавать стоимость и эффективно конкурировать на рынке [19].

Одним из направлений преодоления данной ситуации является использование маркетингового инструментария, описываемого, например, в работе Ф. Котлера, К.Л. Келлера, А. Чернева[2], при анализе рыночной ситуации и выборе направления трансформационных изменений.

[1] Talin B. (2024) *11 Цифровых бизнес-моделей, которые вы должны знать*. [online] Available at: https://morethandigital.info/ru/11-tzifrovi-ye-biznyes-modyeli-kotoriye-vi-dolni-znat-vkl-primyeri [Accessed 20.08.2024]. (in Russian).

[2] Котлер Ф., Келлер К.Л., Чернев А. (2024) *Маркетинг менеджмент*, СПб.: Питер.

Опираясь на описания бизнес-модели А. Остервальдера [19] и М. Джонсона [20], в настоящей статье будем рассматривать бизнес-модель как совокупность взаимосвязанных элементов, которые создают и доставляют ценность потребителям, формируют прибыль, описывают ключевые ресурсы и ключевые процессы предприятия.

Проведенный анализ показывает, что данные о применении концепции цифровых бизнес-моделей в ряде отраслей имеют пока фрагментарный, неструктурированный характер. Практически нет публикаций, отражающих теоретико-методологический подход к данной проблеме, особенности применения маркетинговых инструментов при ее решении. Крайне сложно найти рекомендации по применению цифровых бизнес-моделей в управлении изменениями и участию маркетинговых служб предприятия в разработке и освоении инновационных бизнес-моделей при выходе на новые рынки.

Нам представляется, что применение концепции цифровых бизнес-моделей совместно с маркетинговыми инструментами в управлении трансформационными изменениями должно повысить конкурентоспособность предприятий при освоении инновационных цифровых технологий.

Цель исследования состоит в выработке новых идей по развитию процесса управления трансформационными изменениями в контексте развития современных бизнес-моделей и представлении практических рекомендаций по разработке конкурентных стратегий.

Задачи исследования:

1) уточнить понятийный аппарат в части трансформационных изменений в контексте развития цифровых бизнес-моделей;

2) выделить факторы, которые следует учитывать при формировании подходов к управлению трансформацией деятельности предприятий;

3) разработать классификацию цифровых бизнес-моделей, позволяющую учитывать рыночную ситуацию и применение маркетинговых инструментов при выборе направлений трансформации;

4) выработать практические рекомендации по использованию цифровых бизнес-моделей в управлении трансформационными изменениями.

Методы и материалы

В качестве теоретико-методологической основы исследования использовались методы системного анализа, структурно-логического анализа, контент-анализа, а также экономико-статистические методы, методы сравнительного анализа, прогнозирования и экспертных оценок.

Исследования проводились на основе обобщения данных, описывающих практические примеры цифровой трансформации, их разделения по направлениям применения и перспективе использования бизнес-моделей для решения управленческих задач предприятия.

Для конкретизации понятия цифровой трансформации и цифровых бизнес-моделей использовались методы контент-анализа. Эмпирические исследования строились на основе методов анализа сайтов организаций. Оценка использования цифровых бизнес-моделей проводилась на базе сравнительного анализа статистических данных с привлечением теоретических и эмпирических работ, посвященных эффективности развития цифровых технологий.

Результаты и обсуждение

1. Основные факторы, влияющие на управление цифровой трансформацией деятельности предприятий

В рамках данной статьи управление трансформационными изменениями следует рассматривать как процесс, направленный на улучшение конкурентных позиций предприятия путем проведения инновационных изменений в его деятельности.

Анализ рыночных показателей позволяет выделить компании, успешно управляющие трансформационными изменениями в условиях динамично изменяющейся экономической ситуации.

Из десяти крупнейших в мире компаний с капитализацией более 1 трлн USD семь лидируют в развитии цифровых технологий. К достижению этого показателя вплотную приближается один из крупнейших производителей электронных компонентов Taiwan Semiconductor Manufacturing Co.

Изменение стоимости компаний (трлн USD), лидирующих на мировом рынке, представлено на рис. 1.

Отношение капитализации к выручке, чистой прибыли у этих компаний существенно выше, чем у компаний первой десятки, занятых в других сферах деятельности (Saudi Arabian Oil Co., Berkshire Hathaway Inc.), а также у компаний других отраслей (например, The Coca-Cola Company, Toyota Motor Corporation).

Жесткая конкуренция на рынке цифровых технологий заставляет вкладывать значительные средства (до 30% выручки) в исследования и разработки (НИОКР, R&D).

Играя ключевую роль в научно-техническом и экономическом развитии, эти компании реализуют стратегии лидеров рынка, инвестирующих в разработку цифровых технологий для создания инновационных товаров и услуг, организации взаимодействия с целевой аудиторией, определяющей успех компании на рынке.

Анализ влияния цифровых технологий на выбор и элементы бизнес-модели позволяет выделить следующие факторы, которые необходимо учитывать при формировании подходов к управлению трансформацией деятельности предприятий.

1. В результате развития цифровых технологий происходит стремительное сокращение удельных затрат на получение, сбор, хранение, обработку и передачу единицы информации. Это дает возможность предоставить потребителю множество дополнительных бесплатных для него услуг и сервисов в обмен на получение данных о его потребительском поведении.

Оперативность обработки поступающей информации позволяет практически мгновенно реагировать на запросы потребителя. Технологии Big Data, искусственного интеллекта (ИИ) расширяют возможности анализа потребительского поведения, построения цифрового профиля или цифровой модели потребителя. Они позволяют не только в нужный момент предложить потребителю необходимую ему в данный момент информацию, продукт, услугу, но и прогнозировать его реакцию. Этим активно пользуется большинство перечисленных выше компаний (Apple, Microsoft, Google и др.).

2. Сетевые эффекты подразумевают дополнительные выгоды, получаемые от присоединения новых пользователей к продукту, в результате чего продукт становится более ценным для всех пользователей[3].

Изменение стоимости крупнейших российских компаний (млрд USD), выручка которых формируется в интернете, представлена на рис. 2.

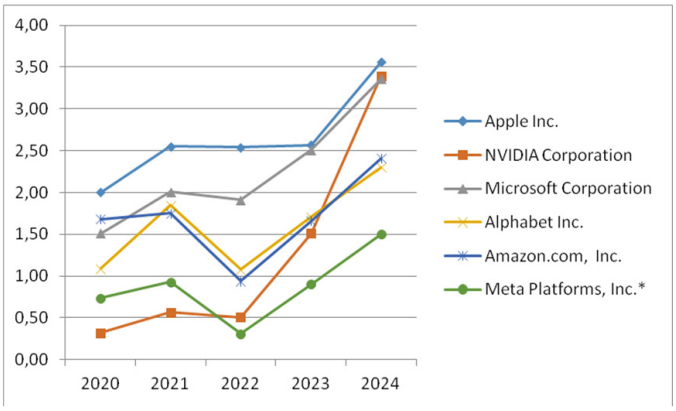
Несмотря на то, что капитализация российских интернет-компаний существенно отстает от банковского сектора, предприятий нефтедобычи, металлургии, они достаточно уверенно развиваются.

В 2023 году интернет-экономика России превысила 17 трлн руб. (рост около 40%). В 2024 году капитализация 30 крупнейших компаний Рунета выросла на 7,3 % – с 55 до 59 млрд USD, и на 20% в рублях. Стоимость «Яндекса» выросла до 16,4 млрд USD (на 31% за год)[4]. Негативными факторами, снижавшими темпы развития в 2024 году, стали санкционное давление, инфляция, процессы реструктуризации бизнеса и смены собственников.

При управлении трансформационными изменениями следует учитывать, что за счет сетевых эффектов развиваются маркетплейсы, цифровые бизнес-платформы и экосистемы.

[3] Network Effects. Step-by-Step Guide to Understanding Network Effects. (2024) *WallStreetPrep*. [online] Available at: https://www.wallstreetprep.com/knowledge/network-effects/ [Accessed 20.02.2025].

[4] Рожков Р., Гаврилюк А., Новый В. (2025) *30 самых дорогих компаний Рунета – 2025. Рейтинг Forbes*. [online] Available at: https://www.forbes.ru/tekhnologii/531173-30-samyh-dorogih-kompanij-runeta-2025-rejting-forbes [Accessed 20.02.2025]. (in Russian).

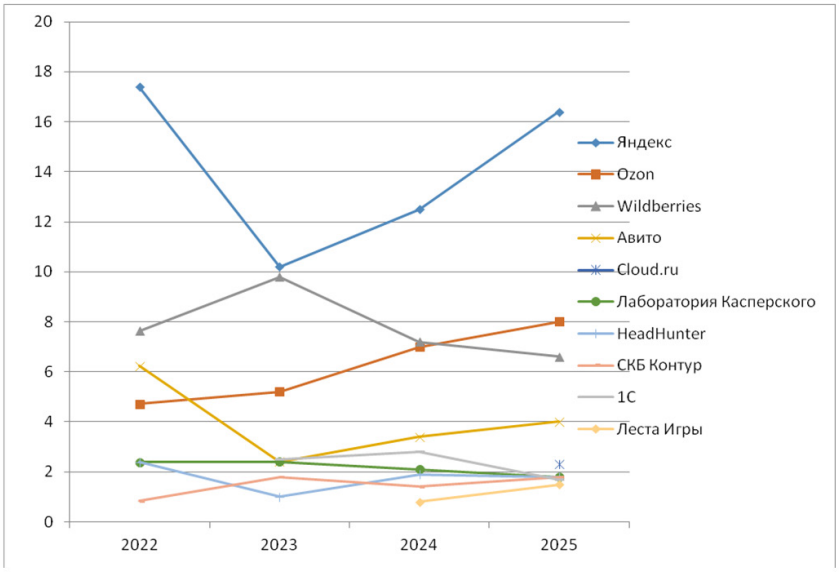


Источник: составлено авторами на основе данных сайтов компаний и https://ru.tradingview.com/markets/world-stocks/worlds-largest-companies/ по состоянию на 30.01.2025 г.

** Meta Platforms, Inc. признана экстремистской организацией, запрещена в РФ*

Рис. 1. Изменение стоимости компаний (трлн USD), лидирующих на мировом рынке

Fig. 1. Change in the value of companies (tn USD) leading the world market



Источник: составлено авторами на основе данных сайтов компаний и https://www.forbes.ru/tekhnologii/531173-30-samyh-dorogih-kompanij-runeta-2025-rejting-forbes

Рис. 2. Изменение стоимости крупнейших компаний Рунета (млрд USD)

Fig. 2. Change in the value of the largest Runet companies (B USD)

3. Стремительно развиваясь, цифровые технологии становятся источником цепочек инноваций, запускающих трансформацию отраслей экономики. Компании, использующие цифровые технологии для модернизации бизнеса, становятся лидерами рынка, коренным образом меняя положение дел в отрасли (табл. 1).

Используя инновационные бизнес-модели в розничной торговле, Amazon и Alibaba успешно конкурируют с компанией Walmart, существующей с 1962 года и управляющей более чем десятью тысячами магазинов в 19 странах. Благодаря новым моделям бронирования жилья Booking и Airbnb опережают сети отелей Marriott International и Hilton на рынке гостиничных услуг. Модернизировав известные модели подписки, совместного использования, Netflix и Spotify стали

Таблица 1. Показатели компаний, применяющих цифровые бизнес-модели и изменяющих рынки в различных отраслях
Table 1. Indicators of companies applying digital business models in traditional industries

Отрасль	Место в отрасли	Компания	Рыночная капитализация, млрд USD	Выручка, млрд USD	Цена/прибыль на акцию
Розничная торговля	1	Amazon.com, Inc.	2400,00	637,96	41,41
	2	Walmart Inc.	833,70	680,00	42,73
	5	Alibaba Group Holdings Ltd.	298,42	131,24	25,61
	23	eBay Inc.	33,43	10,06	17,66
Потребительские услуги	3	Booking Holdings Inc.	170,18	21,36	34,23
	6	Airbnb, Inc.	101,26	11,10	39,04
	8	Marriott International, Inc.	79,52	25,10	34,08
	11	Hilton Worldwide Holdings Inc.	64,69	11,17	43,27
Технологические услуги: интернет, ПО	4	Netflix, Inc.	443.09	38,88	53.39
	5	Spotify Technology S.A.	126,61	16,95	106.54
Транспорт	1	Uber Technologies, Inc.	170,23	43,98	17,33

Источник: составлен авторами на основе данных сайтов компаний и https://ru.tradingview.com/markets/world-stocks/worlds-largest-companies/

лидерами в интернет-услугах. Трансформировав модель аренды автомобилей, Uber стала лидером сектора транспортных услуг.

Отследить, изучить и использовать большое количество бизнес-моделей, описываемых в современной литературе, достаточно сложно. Поэтому нужна краткая, простая и понятная классификация, удобная для использования в управлении трансформационными изменениями.

2. Классификация цифровых бизнес-моделей по их влиянию на управление трансформационными изменениями

Появление бизнес-моделей было вызвано попытками описать и использовать опыт интернет-компаний. Поэтому они подразделялись по видам электронной коммерции. Так, классификация бизнес-моделей интернет-бизнеса, которую предложил М. Раппа[5], включала брокерскую и рекламную модели, модели производителей, торговли, информационного посредника, партнерскую модель; модели сообществ, «подписки», «по требованию». В работе [22] приводится обзор уже 55 бизнес-моделей.

Российский опыт применения современных бизнес-моделей в условиях цифровой трансформация экономики описан в [23, 24]. В этих работах приведены примеры использования российскими предприятиями бизнес-моделей на основе открытых и подрывных инноваций для монетизации профессионального опыта и баз знаний, вовлечения интеллектуального капитала в создание и развитие продуктов/сервисов.

Исходя из описанных выше факторов, авторы предлагают объединить модели в три группы. Названия групп выбраны исходя из удобства использования, наглядности, простоты запоминания.

Первая группа «Бесплатный сыр» включает модели «Бесплатные предложения» (Free Offerings), «Бесплатная модель» (Freemium Model), «Модель с открытым исходным кодом» (Open Source). Эти модели строятся на предложении пользователю бесплатно продуктов и услуг, которые благодаря цифровым технологиям отличаются предельно низкой себестоимостью. У компаний появляется возможность получить большой объем информации о клиентах, систематизировать

[5] Rappa M. (2010) *Business Models on the Web*. [online] Available at: http://digitalenterprise.org/models/models.html [Accessed 20.08.2024].

эту информацию и использовать ее в таргетированной рекламе, при создании персонализированных предложений. Эффективность применения данной группы моделей подтверждается успехами компаний Google, «Яндекс», Telegram и др.

Вторая группа «Сетевые эффекты» включает бизнес-модели, нацеленные на достижение сетевых эффектов, и играет ключевую роль в формировании сетевой экономики.

Наиболее популярная «Модель электронной коммерции» описывает продажу физических и виртуальных товаров онлайн. «Модель рыночной площадки» описывает рынок, который соединяет продавцов и покупателей на общей цифровой площадке. Доход генерируется за счет комиссионных, агентских сборов, фиксированных платежей. Для некоторых отраслей экономики эта модель имеет большой разрушительный потенциал. Типичные примеры – Amazon, Alibaba, Uber, eBay.

Цифровая бизнес-платформа – это бизнес-модель, которая создает ценность, облегчая обмен между двумя или более взаимозависимыми группами, обычно потребителями и производителями[6].

Используя модель экосистемы, предприятия предлагают набор взаимосвязанных услуг, привязывающий клиента к поставщику. Благодаря этой бизнес-модели появились и успешно развиваются экосистемы Amazon, Alibaba, Google, Apple, Tesla, Сбербанка и многие другие.

Важно отметить, что экосистемы применяют современные цифровые технологии сбора и обработки данных о текущих продажах и информации о клиентах для укрепления взаимодействия внутри системы. Это затрудняет процесс смены поставщика, препятствует выходу и закреплению на данном рынке новым конкурентам.

К третьей группе «Новое – это хорошо забытое старое» отнесены хорошо известные бизнес-модели, которые благодаря цифровым технологиям привели к значительным изменениям в различных отраслях.

Цель применения «Модели подписки» (Subscription Model) – привязать клиента на длительный срок. Цифровые технологии стали основой успеха компании Netflix, предлагающей подписку с ежемесячными платежами за неограниченный доступ к потоковому видео.

Модели сдачи в аренду, доступа, совместного использования предполагают совместное использование физическими активами (дома, автомобили и т.д.), а также нематериальными активами (программное обеспечение, лицензии и т.д.). Типичные примеры – Airbnb, «Ситидрайв», «Яндекс Драйв», «Делимобиль» и др.

«Модель по запросу», модель на основе использования, построена на принципе «время – деньги», т.е. потребитель платит только за использованное количество услуг. Так, например, Uber и каршеринговые компании берут плату за время использования автомобиля и пройденное расстояние.

«Модель премиального пользователя» нацелена на достижение более высоких цен за счет премиального обслуживания клиентов. Эту модель применяют Apple, Tesla и премиум-бренды.

3. Рекомендации по использованию цифровых бизнес-моделей в управлении трансформационными изменениями

Приведенные выше сведения позволяют сформулировать рекомендации по использованию концепции цифровых бизнес-моделей в управлении цифровой трансформацией деятельности предприятий.

Примерная схема использования концепции цифровых бизнес-моделей для управления трансформационными изменениями в деятельности компании представлена на рис. 3.

В зависимости от задач, стоящих перед предприятием, выявление перспективных бизнес-моделей может идти путем анализа капитализации, чистой прибыли на акцию, выработки/прибыли не только на одного работающего, но и по отраслям и региональным рынкам.

[6] Moazed A. (2021) *Platform Business Model – Definition | What is it? | Explanation*. [online] Available at. https://www.applicoinc.com/blog/what-is-a-platform-business-model [Accessed 20.08.2024].

Рис. 3. Примерная схема использования концепции цифровых бизнес-моделей для управления трансформационными изменениями

Fig. 3. An example of how the concept of digital business models can be used to manage transformational change

На сайтах компаний в ряде случаев указывается, что они используют модели маркетплейса, платформы, экосистемы, приводятся сведения о предоставлении бесплатных товаров и услуг и условиях их получения. Компании, разработавшие и реализующие инновационные бизнес-модели на основе известных моделей типа аренды, подписки, также часто сообщают об этом в публикациях и рекламных материалах. Среди них следует выделять те компании, которые за короткий срок выходят на лидирующие позиции в отрасли, и те, чьи показатели существенно превышают среднеотраслевые.

Анализ деятельности таких компаний позволяет выбрать направления трансформации и выработать управленческие решения по их реализации.

При принятии решения об использовании инновационной бизнес-модели маркетинговым службам должны быть поставлены задачи: 1) анализа конкурентной ситуации; 2) мониторинга цен; 3) продвижения товаров и услуг в виртуальной среде; 4) презентации товаров и услуг покупателям; 5) вовлечения потребителя во взаимодействие в цифровой среде.

Учитывая, что изменение бизнес-модели деятельности компании может потребовать значительных ресурсов и не привести к желаемым результатам, целесообразно отработать принимаемые управленческие решения в рабочих группах или на специально созданных предприятиях малого и среднего бизнеса (МСБ).

При реализации предлагаемой схемы необходимо учитывать следующее.

Во-первых, рассмотренные выше бизнес-модели предполагают использование цифровых технологий для создания, распределения и доставки, продвижения товаров и услуг в цифровой среде. Они могут применяться для продаж как материальных, так и цифровых, а также виртуальных товаров, в том числе в метапространственных бизнес-образованиях [25].

Цифровые технологии обеспечивают мгновенный, прямой доступ к клиенту, оперативное получение, накопление и обработку данных. Предложение клиенту может быть сформировано и отправлено немедленно, напрямую, минуя посредников.

Цифровые продукты и услуги можно тиражировать и копировать с минимальными затратами. Это позволяет существенно снижать цены относительно традиционных бизнес-моделей.

Во-вторых, необходимо учитывать влияние цифровых бизнес-моделей на традиционные отрасли, включая изменения на рынке, в потребностях клиентов, оценке эффективности, требованиях к профессиональным компетенциям. Стремительное развитие технологий ведет к появлению новых бизнес-моделей, ужесточению конкуренции, снижению барьеров входа на рынок.

В ряде случаев это может привести к краху предприятий, не реагирующих на происходящие изменения.

Вместе с тем надо понимать, что цифровые бизнес-модели требуют формирования у персонала новых навыков и компетенций. Чтобы сохранить конкурентные преимущества, необходимо развивать человеческий капитал, собирая талантливую молодежь и инвестируя в переподготовку персонала.

Таким образом, развитие концепции цифровых бизнес-моделей становится одним из ключевых факторов, которые необходимо учитывать при выработке управленческих решений.

Заключение

Приведенные выше результаты показывают, что цифровые бизнес-модели требуют совершенствования управления трансформационными изменениями на основе отслеживания изменяющейся рыночной ситуации с использованием маркетингового инструментария.

Разработанные предложения позволяют сформулировать подходы, которые необходимо учитывать в дальнейшем при формировании концепции управления трансформационными изменениями, в том числе:

- использование современных технологий (Big Data, ИИ, виртуальной и дополненной реальности и др.) для предоставления потребителю дополнительных бесплатных для него ценностных предложений, цифровых и виртуальных товаров, услуг в обмен на получение данных о его потребительском поведении;
- применение сетевых эффектов в системах распределения и продвижения, позволяющих предлагать набор взаимосвязанных услуг, затрудняющих процесс смены поставщика, препятствующих приходу и закреплению на рынке новых конкурентов;
- цифровая трансформация известных бизнес-моделей, таких как аренда, подписка, премиальный доступ и т.п., запускающих трансформацию целых отраслей экономики.

Предлагаемая авторами классификация позволяет выделить три группы цифровых бизнес-моделей. Ее удобно использовать как при формировании конкурентных стратегий, так и при подготовке специалистов в области управления.

Разработанные рекомендации могут применяться для управления трансформационными изменениями при разработке и продвижении материальных, цифровых и виртуальных товаров, в том числе в метапространственных бизнес-образованиях.

Вместе с тем переход на новые цифровые бизнес-модели представляет собой сложную задачу, требующую значительных затрат на инфраструктуру и переподготовку персонала. Одним из ключевых моментов становится разработка концепции и стратегии цифровой трансформации.

Научная новизна работы состоит в применении рыночного подхода, в том числе маркетингового инструментария, к анализу изменений, происходящих в экономике в результате развития цифровых бизнес-моделей.

Подтверждено, что разработка и внедрение инновационных бизнес-моделей невозможна без привлечения специалистов-маркетологов и использования инновационного инструментария.

Анализ деятельности компаний – лидеров рынка показывает, что они направляют значительные ресурсы на исследования и разработки в области ИИ. Для формирования спроса и продвижения своих продуктов они используют, в том числе, сетевые эффекты и предоставление бесплатного доступа. Поэтому дальнейшие исследования предполагается сосредоточить на углубленном анализе влияния цифровых бизнес-моделей на совершенствование товарной и ценовой политики, систем сбыта и продвижения продукции в условиях развития ИИ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вайл П., Ворнер С. (2022) *Цифровая трансформация бизнеса: изменение бизнес-модели для организации нового поколения*, М.: Альпина Паблишер.

2. Purnomo A., Susanti T., Rosyidah E., Firdausi N., Idhom M. (2022) Digital economy research: Thirty-five years insights of retrospective review. *Procedia Computer Science*, 197, 68–75 DOI: https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.119

3. Ianenko, M.B., Ianenko, M.E., Shevchuk E. (2022) Digital transformation of marketing activities in transport systems management during COVID-19: experience, problems, prospects. *Transport Research Procedia*, 63, 878–886. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.085

4. Абдрахманова Г.И., Васильковский С.А., Вишневский К.О. и др. (2023) *Цифровая экономика: 2023*, краткий статистический сборник, М.: НИУ ВШЭ. DOI: https://doi.org/10.17323/978-5-7598-2744-3

5. Козырев, А.Н. (2021) Сетевые эффекты и цифровые платформы в экономике и математических моделях. *Цифровая экономика*, 3 (15), 5–33. DOI: https://doi.org/10.34706/DE-2021-03-01

6. Ianenko M., Ianenko M., Kirillova T., Amakhina S., Nikitina N. (2020) Digital transformation strategies of trade enterprises: key areas, development and implementation algorithms. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 940, art. no. 012051. DOI: https://doi.org/10.1088/1757-899X/940/1/012051

7. Singh U.S., Singh N., Gulati K., Bhasin N.K. et al. (2022) A study on the revolution of consumer relationships as a combination of human interactions and digital transformations. *Materials Today: Proceedings*. 51 (1), 460–464. DOI: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.578

8. Varadarajan R., Welden R., Haenlein M., Gupta S. (2022) Digital product innovations for the greater good and digital marketing innovations in communications and channels: Evolution, emerging issues, and future research directions. *International Journal of Research in Marketing*, 39 (2), 482–501. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2021.09.002

9. Vazquez-Martínez U.J., Morales-Mediano J., Leal-Rodríguez A.L. (2021) The impact of the COVID-19 crisis on consumer purchasing motivation and behavior. *European Research on Management and Business Economics*, 27 (3), art. no. 100166. DOI: https://doi.org/10.1016/j.iedeen.2021.100166

10. Olson E.M., Olson K.M., Czaplewski A.J., Key T.M. (2021). Business strategy and the management of digital marketing. *Business Horizons*, 64 (2), 285–293. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bushor.2020.12.004

11. Kraus S., Durst S., Ferreira J., Veiga P., Kailer N., Weinmann A. (2022) Digital transformation in business and management research: An overview of the current status quo. *International Journal of Information Management*, 63, art. no. 102466. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102466

12. Hoekstra J., Leeflang P. (2023) Thriving through turbulence: Lessons from marketing academia and marketing practice. *European Management Journal*, 41 (5), 730–743. DOI: https://doi.org/10.1016/j.emj.2022.04.007

13. Магретта Дж. (2020) Почему нужна бизнес-модель. В книге: *Трансформация бизнес-модели*, М.: Альпина Паблишер, 7–20.

14. Каленов О.Е. (2022) Унифицированные цифровые бизнес-модели участников платформ и экосистем. *Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова*, 3, 52–59. DOI: https://doi.org/10.21686/2413-2829-2022-3-52-59

15. Laudien S.M., Reuter U., Sendra Garcia F.J., Botella-Carrubi D. (2024) Digital advancement and its effect on business model design: Qualitative-empirical insights. *Technological Forecasting and Social Change*, 200, art. no. 123103. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123103

16. Caputo A., Pizzi S., Pellegrini M., Dabić M. (2021) Digitalization and business models: Where are we going? A science map of the field. *Journal of Business Research*, 123, 489–501. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.053

17. Täuscher K. (2022) *Business models in the digital economy: an empirical classification of digital marketplaces*, Leipzig: Fraunhofer MOEZ. [online] Available

18. Ancillai C., Sabatini A., Gatti M., Perna A. (2023) Digital technology and business model innovation: A systematic literature review and future research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 188, art. no. 122307. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122307

19. Глухов В.В., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В. (2022) Цифровое стратегирование промышленных систем на основе устойчивых экоинновационных и циркулярных бизнес-моделей в

условиях перехода к Индустрии 5.0. *Экономика и управление*, 28 (10) 1006–1020. DOI: http://doi.org/10.35854/1998-1627-2022-10-1006-1020

20. Остервальдер А., Пинье И. (2016) *Построение бизнес-моделей: Настольная книга стратега и новатора*. М.: Альпина Паблишер.

21. Джонсон М., Кристенсен К., Кагерманн Х. (2020) Обновление бизнес-модели. Трансформация бизнес-модели. В книге: *Трансформация бизнес-модели*, М.: Альпина Паблишер, 21–44.

22. Гассман О., Франкенбергер К., Шик М. (2016) *Бизнес-модели: 55 лучших шаблонов*, М.: Альпина Паблишер.

23. Краковская И.Н., Корокошко Ю.В., Аникина Н.В. (2024) Развитие бизнес-моделей промышленных предприятий в цифровой экономике: концептуальные аспекты. *π-Economy*, 17 (3), 52–67. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.17304

24. Зуйков М.Ю. (2023) Современные бизнес-модели и их трансформация в условиях цифровой экономики. Российский опыт. *Цифровая экономика*. [online] Available at: http://digital-economy.ru [Accessed 20.08.2024]. (in Russian)

25. Багиев, Г.Л., Яненко М.Б., Яненко М.Е. (2022) Маркетинг метапространственнных бизнес-образований: проблемы и перспективы применения. *Проблемы современной экономики*, 2 (82), 96–101.

REFERENCES

1. Weill P., Woerner S. (2022) *What's Your Digital Business Model?: Six Questions to Help You Build the Next-Generation Enterprise*, Moscow: Alpina Publisher.

2. Purnomo A., Susanti T., Rosyidah E., Firdausi N., Idhom M. (2022) Digital economy research: Thirty-five years insights of retrospective review. *Procedia Computer Science*, 197, 68–75 DOI: https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.119

3. Ianenko, M.B., Ianenko, M.E., Shevchuk E. (2022) Digital transformation of marketing activities in transport systems management during COVID-19: experience, problems, prospects. *Transport Research Procedia*, 63, 878–886. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.085

4. Abdrahmanova G.I., Vasil'kovskij S.A., Vishnevskij K.O. et al. (2023) *Cifrovaia ekonomika: 2023* [*Digital Economy: 2023*], brief statistical digest, Moscow: HSE University. [online] Available at: https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/802513326.pdf [Accessed 20.08.2024]. (in Russian)

5. Kozyrev A.N. (2021) Network Effects and Digital Platforms in Economics and Mathematical Models. *Digital Economy*, 3 (15), 5–33. DOI: https://doi.org/10.34706/DE-2021-03-01

6. Ianenko M., Ianenko M., Kirillova T., Amakhina S., Nikitina N. (2020) Digital transformation strategies of trade enterprises: key areas, development and implementation algorithms. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 940, art. no. 012051. DOI: https://doi.org/10.1088/1757-899X/940/1/012051

7. Singh U.S., Singh N., Gulati K., Bhasin N.K. et al. (2022) A study on the revolution of consumer relationships as a combination of human interactions and digital transformations. *Materials Today: Proceedings*. 51 (1), 460–464. DOI: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.578

8. Varadarajan R., Welden R., Haenlein M., Gupta S. (2022) Digital product innovations for the greater good and digital marketing innovations in communications and channels: Evolution, emerging issues, and future research directions. *International Journal of Research in Marketing*, 39 (2), 482–501. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2021.09.002

9. Vazquez-Martínez U.J., Morales-Mediano J., Leal-Rodríguez A.L. (2021) The impact of the COVID-19 crisis on consumer purchasing motivation and behavior. *European Research on Management and Business Economics*, 27 (3), art. no. 100166. DOI: https://doi.org/10.1016/j.iedeen.2021.100166

10. Olson E.M., Olson K.M., Czaplewski A.J., Key T.M. (2021). Business strategy and the management of digital marketing. *Business Horizons*, 64 (2), 285–293. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bushor.2020.12.004

11. Kraus S., Durst S., Ferreira J., Veiga P., Kailer N., Weinmann A. (2022) Digital transformation in business and management research: An overview of the current status quo. *International Journal of Information Management*, 63, art. no. 102466. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102466

12. Hoekstra J., Leeflang P. (2023) Thriving through turbulence: Lessons from marketing academia and marketing practice. *European Management Journal*, 41 (5), 730–743. DOI: https://doi.org/10.1016/j.emj.2022.04.007

13. Magretta J. (2020) Why Business Models Matter. In: *HBR's 10 Must Reads on Business Model Innovation*, Moscow: Alpina Publisher, 7–20.

14. Kalenov O.E. (2022) Unified Digital Business-Models of Platform and Ecosystem Participants. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*, 3, 52–59. DOI: https://doi.org/10.21686/2413-2829-2022-3-52-59

15. Laudien S.M., Reuter U., Sendra Garcia F.J., Botella-Carrubi D. (2024) Digital advancement and its effect on business model design: Qualitative-empirical insights. *Technological Forecasting and Social Change*, 200, art. no. 123103, DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123103

16. Caputo A., Pizzi S., Pellegrini M., Dabić M. (2021) Digitalization and business models: Where are we going? A science map of the field. *Journal of Business Research*, 123, 489–501. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.053

17. Täuscher K. (2022) *Business models in the digital economy: an empirical classification of digital marketplaces*, Leipzig: Fraunhofer MOEZ. [online] Available at: https://www.imw.fraunhofer.de/content/dam/moez/de/documents/Working_Paper/Working_Paper_Digital_Marketplaces_final.pdf [Accessed 20.08.2024].

18. Ancillai C., Sabatini A., Gatti M., Perna A. (2023) Digital technology and business model innovation: A systematic literature review and future research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 188, art. no. 122307. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122307

19. Gluhov V.V., Babkin A.V., Shkarupeta E.V. (2022) Digital strategizing of industrial systems based on sustainable eco-innovation and circular business models in the context of the transition to Industry 5.0. *Economics and Management*, 28 (10), 1006–1020. DOI: http://doi.org/10.35854/1998-1627-2022-10-1006-1020

20. Osterwalder A., Pigneur Y. (2016) *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*, Moscow: Alpina Publisher.

21. Johnson M., Christensen C., Kagermann H. (2020) Reinventing Your Business Model. In: *HBR's 10 Must Reads on Business Model Innovation*, Moscow: Alpina Publisher, 21–44.

22. Gassmann O., Frankenberger K., Csik M. (2016) *The Business Model Navigator: 55 Models That Will Revolutionise Your Business*, Moscow: Alpina Publisher.

23. Krakovskaia I.N., Korokoshko Yu.V., Anikina N.V. (2024) Development of business models of industrial enterprises in the digital economy: conceptual aspects. *π-Economy*, 17 (3), 52–67. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.17304

24. Zujkov M.Yu. (2023) Modern Business Models and Their Transformation in the Digital Economy. Russian Experience. *Digital Economy*. [online] Available at: http://digital-economy.ru [Accessed 20.08.2024]. (in Russian)

25. Bagiev, G.L., Ianenko M.B., Ianenko M.E. (2022) Marketing of Meta-Spatial Business Formations: Problems and Perspectives of Its Application (Russia, St. Petersburg). *Problems of Modern Economics*, 2 (82), 96–101.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

ЯНЕНКО Марина Борисовна
E-mail: yanenko_57@mail.ru
Marina B. IANENKO
E-mail: yanenko_57@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6209-8686

ЯНЕНКО Михаил Евгеньевич
E-mail: myanenko@mail.ru
Mikhail E. IANENKO
E-mail: myanenko@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1014-8303

Поступила: 20.01.2025; Одобрена: 02.04.2025; Принята: 02.04.2025.
Submitted: 20.01.2025; Approved: 02.04.2025; Accepted: 02.04.2025.

π-Economy. 2025, Том 18, № 2. С. 100–120.
π-Economy. 2025, Vol. 18, No. 2. Pp. 100–120.

Обзорная статья
УДК 332.1
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18206
EDN: https://elibrary/INWDMO

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ КЛАСТЕРНОЙ ПОЛИТИКИ В РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАНАХ АЗИИ

А.В. Кучумов ✉, **П.Ю. Еремичева**

Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ arturspb1@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности разработки, формирования и применения кластерной политики промышленного комплекса в границах развивающихся азиатских стран. Цель статьи – выявить характерные особенности модели развития промышленной кластерной политики в условиях Азиатско-Тихоокеанского региона посредством сравнительного анализа отдельных государств. Авторами был поставлен ряд задач для проведения исследования обозначенного вопроса с учетом доступной информации, среди которых – определить основные этапы в хронологии развития индустриальной кластерной политики Китая, Таиланда и Южной Кореи; обозначить роль государственных органов в формировании и практической реализации индустриальной кластерной политики; выявить основные закономерности в практике применения результатов проектирования индустриальной кластерной политики в границах Китая, Таиланда и Южной Кореи; изучить факторы влияния на разработку промышленной кластерной политики и ход ее практической реализации в странах Азии; проанализировать и оценить степень влияния осуществления мероприятий в рамках кластерной политики на развитие промышленного комплекса представленных в обзоре стран. В числе методов, которые были использованы в процессе написания статьи, авторы применили онтологический анализ, системный анализ, контент-анализ, конкретизацию и сравнение. В качестве примера они обратились к опыту развития индустриальной кластерной политики в Китае, Таиланде и Южной Корее. В процессе исследования были выявлены основные показатели, которые отражают прогресс в рамках рассматриваемой области развития стран, и основные пересечения в структуре промышленной кластерной политики трех развивающихся экономик, а также изучены ключевые закономерности их развития в частном порядке. Авторы провели ретроспективный анализ этапов формирования индустриальной кластерной политики Китая, Таиланда и Южной Кореи и выявили характерные черты современного уровня развития стран. В результате проведения исследования удалось скомпилировать в хронологическом порядке этапы развития индустриальной кластерной политики в странах Азии, выявить ключевые концептуальные особенности при ее реформировании, проследить ряд пересечений и аналогий в вопросах разработки и ведения индустриальной кластерной политики на примере крупных экономик.

Ключевые слова: кластерный подход, кластеры, промышленный кластер, кластерная политика, Азиатско-Тихоокеанский регион, рынок, государство, институциональное управление, государственно-частное партнерство

Для цитирования: Кучумов А.В., Еремичева П.Ю. (2025) Особенности формирования индустриальной кластерной политики в развивающихся странах Азии. π-Economy, 18 (2), 100–120. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18206

© Кучумов А.В., Еремичева П.Ю., 2025. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Review article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18206

FEATURES OF FORMATION OF INDUSTRIAL CLUSTER POLICY IN DEVELOPING COUNTRIES OF ASIA

A.V. Kuchumov ✉, **P.Yu. Eremicheva**

Saint-Petersburg State University of Economics,
St. Petersburg, Russian Federation

✉ arturspb1@yandex.ru

Abstract. The article considers the features of development, formation and application of cluster policy of the industrial complex within the borders of developing Asian countries. The purpose of the article is to identify the characteristic features of the model of development of industrial cluster policy in the conditions of the Asia-Pacific region through a comparative analysis of individual countries. The authors set a number of tasks for conducting the study of the designated issue taking into account the available information, including determining the main stages in the chronology of development of industrial cluster policy in China, Thailand and the Republic of Korea; identifying the role of government agencies in the formation and practical implementation of industrial cluster policy; identifying the main patterns in the practice of applying the results of designing industrial cluster policy within the borders of China, Thailand and the Republic of Korea; studying the factors influencing the development of industrial cluster policy and the course of its practical implementation in Asian countries; analyzing and assessing the degree of influence of the implementation of measures within the framework of cluster policy on the development of the industrial complex of the countries presented in the review. Among the methods that were used in the process of writing the article, the authors applied ontological analysis, system analysis, content analysis, specification and comparison. As an example, the authors turned to the experience of developing industrial cluster policy in China, Thailand and South Korea. In the course of the study, the main indicators were identified that reflect progress within the framework of the considered area of development of the countries, the main intersections in the structure of industrial cluster policy of the three developing economies were identified, and the key patterns of their development were studied in a private manner. The authors conducted a retrospective analysis of the stages of formation of industrial cluster policy in China, Thailand and South Korea, and identified the characteristic features of the current level of development of the countries. As a result of the study, it was possible to compile in chronological order the stages of development of industrial cluster policy in Asian countries, identify key conceptual features in its reform, trace a number of intersections and analogies in matters of development and implementation of industrial cluster policy using the example of large economies.

Keywords: cluster approach, clusters, industrial cluster, cluster policy, Asia-Pacific region, market, state, institutional management, public-private partnership

Citation: Kuchumov A.V., Eremicheva P.Yu. (2025) Features of formation of industrial cluster policy in developing countries of Asia. π-Economy, 18 (2), 100–120. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18206

Введение

Кластерная политика представляет собой стратегический подход к развитию территорий и отраслей, основанный на создании и поддержке кластеров – групп взаимосвязанных компаний и организаций, работающих в одной или смежных отраслях. Кластерная политика является важным инструментом для достижения устойчивого экономического роста и повышения конкурентоспособности регионов и стран.

Кластерный подход в качестве комплекса, объединяющего широкий спектр ресурсов, инструментов, методов и способов, сторон и механизмов, в современной действительности является мощным драйвером промышленного территориального развития, независимо от того, относится предполагаемое образование к категории комбинированных систем или ориентировано исключительно на воспроизводство продукта в рамках конкретной отрасли.

© Kuchumov A.V., Eremicheva P.Yu., 2025. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

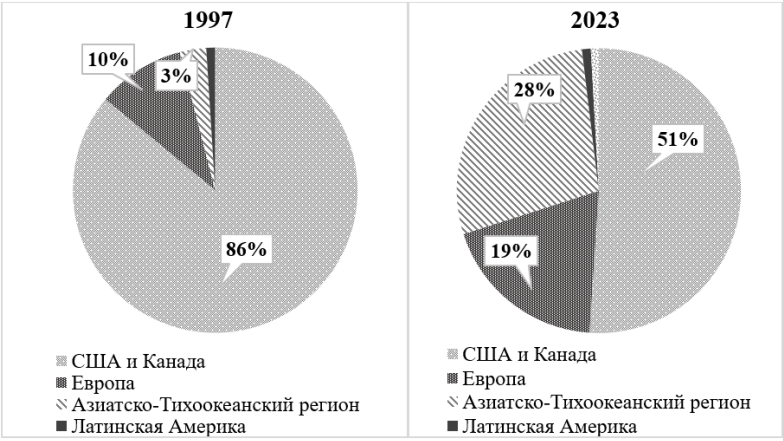


Рис. 1. Региональное распределение стоимости сделки с венчурным капиталом в 1997 и 2023 гг., % [34]
Fig. 1. Regional distribution of the cost of a venture capital transaction in 1997 and 2023, % [34]

Актуальность исследования вопросов, связанных с применением кластерной политики, обусловлена несколькими ключевыми факторами, которые играют важную роль в современном экономическом развитии. Во-первых, кластерный подход способствует созданию синергетического эффекта, который возникает при взаимодействии различных заинтересованных сторон, таких как государственные структуры, бизнес и научные учреждения. Во-вторых, кластерная политика способствует созданию новых рабочих мест и развитию региональных экономик, что особенно важно в условиях глобальных экономических изменений. Кластеры помогают улучшить транспортно-логистическую доступность территорий и снижают административные барьеры для организаций, что, в свою очередь, облегчает выход на внешние рынки. Зарубежный опыт показывает, что успешная реализация кластерной политики может привести к значительным инновациям и технологическому прогрессу. Таким образом, исследование кластерной политики является актуальным не только для понимания текущих тенденций в экономическом развитии страны, но и для выработки рекомендаций по улучшению конкурентоспособности отраслей и регионов, что имеет важное значение для устойчивого экономического роста [3, 4].

Зарубежный опыт разработки концептуальной основы формирования кластерной политики носит четко выраженную инновационную направленность с перспективой на осуществление экспорта результатов функционирования кластерных систем [12]. В качестве яркого примера может выступать Азиатско-Тихоокеанский регион. Ключевая особенность государств раскрывается через сочетание разных способов регулирования развития территорий при помощи кластерного подхода. В некоторых частях региона специфика формирования кластерной политики основана на концентрации отраслевых предприятий в определенных районах, на активной цифровизации индустрий, на использовании географических особенностей распределения предприятий в одной отрасли с точки зрения улучшения доступа к неявному знанию, на обмене технологиями и опытом, на расширении возможностей для сотрудничества и т.п. [27]. Отчасти применение кластерного подхода действительно отражается на некоторых показателях территориального развития, среди которых стоимость сделок с венчурным капиталом, разница которой по отдельно взятым периодам указана в отчете [34] (рис. 1).

Рост стоимости сделки с венчурным капиталом наблюдается в том случае, когда увеличивается стоимость организаций относительно ее значения в доинвестиционный период. Венчурное инвестирование в компаративном ключе достаточно распространено в Азиатско-Тихоокеанском регионе по причине высокого торгового, инновационно-технологического, социально-культурного потенциала.

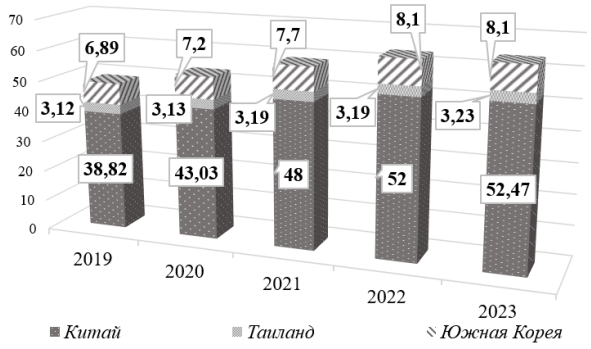


Рис. 2. Количество малых и средних предприятий, по странам (млн, 2019–2023 гг.)[1]

Fig. 2. Number of small and medium-sized enterprises, by country (million, 2019–2023)[1]

Данное исследование основано на анализе развития стран Китая, Таиланда и Южной Кореи, так как инновационная направленность кластерной политики и качество ее внедрения на разных уровнях в условиях перечисленных государств влияют на формирование возможностей проецирования опыта для повышения отраслевой конкурентоспособности. Стоит обратить внимание на то, что современная концепция кластерной политики стран Азии сфокусирована на наиболее развивающихся и конкурентоспособных секторах экономики [12, 13].

Существенную роль в формировании и реализации кластерной политики играют государственные органы, так как именно они инициируют и координируют действия, направленные на развитие кластеров. Их поддержка является важным фактором, способствующим успешному функционированию кластерных систем, в том числе и в создании необходимой инфраструктуры, которая включает в себя как инфраструктурные объекты, так и технологические платформы для поддержки инноваций и предпринимательства. Поддержка государства проявляется в виде финансовых мер, таких как субсидии, гранты и налоговые льготы для малых и средних предприятий, которые являются важной частью кластеров. Данные меры помогают снизить финансовые риски и стимулируют инвестиции в новые проекты и технологии.

Ключевую роль играет развитие предпринимательского рынка. Среди других важных факторов, объясняющих рост кластеризации и модернизацию общеазиатской концепции формирования кластерной политики, следует выделить повышенное внимание со стороны государственных структур к малой и средней категориям предприятий, так как их количество растет (рис. 2).

[1] Yoon L. (2024) SMEs in South Korea – statistics & facts. *Statista*. [online] Available at: https://www.statista.com/topics/10036/smes-in-south-korea/ [Accessed 9.02.2025]; Yoon L. (2024) Number of small enterprises in South Korea from 2019 to 2022 (in 1,000s). *Statista*. [online] Available at: https://www.statista.com/statistics/1333099/south-korea-number-of-small-enterprises/#:~:text=The%20total%20number%20of%20small%20and%20medium-sized%20enterprises,won%20or%20less%20to%2012%20billion%20or%20less [Accessed 9.02.2025]; Yoon L. (2024) Number of small and medium-sized enterprises (SMEs) in South Korea from 2017 to 2022 (in 1,000s). *Statista*. [online] Available at: https://www.statista.com/statistics/1223066/south-korea-small-and-medium-enterprises-number/#:~:text=The%20number%20of%20people%20employed%20by%20SMEs%20in,followed%20by%20SMEs%20operating%20in%20the%20manufacturing%20sector [Accessed 9.02.2025]; Textor C. (2023) Number of small to medium-sized enterprises in China from 2012 to 2016 with forecasts until 2020 (in millions). *Statista*. [online] Available at: https://www.statista.com/statistics/783899/china-number-of-small-to-medium-size-enterprises/ [Accessed at 9.02.2025]; Ciba K. (2024) Number of micro, small, and medium enterprises in Thailand from 2019 to 2023 (in millions). *Statista*. [online] Available at: https://www.statista.com/statistics/1337417/thailand-number-of-msmes/ [Accessed at 9.02.2025]; Ciba K. (2025) Share of micro, small, and medium enterprise (MSME) contribution as a share of gross domestic product (GDP) in Thailand from 2019 to 2023. *Statista*. [online] Available at: https://www.statista.com/statistics/1337348/thailand-msme-output-as-a-share-of-gdp/ [Accessed 9.02.2025]; Textor C. (2024) Business enterprises in China – statistics & facts. [online] Available at: https://www.statista.com/topics/11783/business-enterprises-in-china/#topicOverview [Accessed at 25.03.2025]; SMEs take up absolute majority of firms in S. Korea (2021) *Yonhap News Agency*. [online] Available at: https://en.yna.co.kr/view/AEN20211028000800320#:~:text=As%20of%202019%2C%20smaller%20firms%20in%20Asia%27s%20fourth-largest,data%20from%20the%20Ministry%20of%20SMEs%20and%20Startups [Accessed at 25.03.2025]; Малые и средние предприятия Китая продолжают развиваться и выходят на мировой рынок (2023) CGTN. [online] Available at: https://russian.cgtn.com/news/2023-07-19/1681674066818396161/index.html [Accessed at 25.03.2025]. (in Russian); Aini S. (2022) The number of SMEs in China hit 48 million in 2021. *People's Daily*. [online] Available at: https://peoplesdaily.pdnews.cn/business/er/30001425841 [Accessed at 25.03.2025]; China's SMEs report improved performance in 2023 (2024) *The State Council Information Office. The People's Republic of China*. [online] Available at: http://english.scio.gov.cn/chinavoices/2024-01/11/content_116934221.htm [Accessed at 25.03.2025].

Кроме того, азиатские страны привлекают иностранных инвесторов, что также ведет к росту количества новых предприятий [29]. В совокупности опыт азиатских государств в контексте исследования особенностей и опорных точек при формировании кластерной политики интересен за счет наличия практики применения комбинированных подходов, активного присутствия государственных структур в организации кластерных образований.

Регулирование условий применения кластерного механизма в целях развития государств и отраслей со стороны властей значительно повлияло на уже существующую схему формирования кластерной политики и ее использования на практике. Данный факт аргументируется тем, что стандартизация деятельности в рамках кластеризации пространства, поддержка инноваций, определение направлений инфраструктурного развития, привлечение инвестиций к определенным категориям проектов являются последствиями применения уже существующих политических установок в странах Азии [2].

Таким образом, ключевая идея заключается в стремлении систематизировать знания относительно опыта кластеризации пространства в условиях лидирующих государств Азиатско-Тихоокеанского региона. Преимущественно исследование затрагивает проблему определения концептуальной основы формирования кластерной политики в условиях Китая, Таиланда и Южной Кореи, ее элементов и уникальных черт, которые в дальнейшем могут влиять на качество восприятия действительного уровня развития стран. Полученные в процессе исследования результаты могут влиять на совершенствование системы регулирования рассматриваемого вопроса в России.

В качестве основных источников литературы в данном исследовании были использованы труды следующих ученых: А.Ф. Бурук, Е.В. Убоженко, Г.М. Костюниной, Д.В. Косинова, Е.В. Атамась, Н.В. Кузнецовой, Н.А. Воробьевой, Ю.Б. Миндлина, Ю.Н. Томашевской и др. В основном представленные научные работы были посвящены проблемам применения кластерного подхода, результатам разработки концептуальных основ промышленной кластерной политики в странах Азии и опыту ее реализации, тенденциям формирования промышленных кластеров и особенностям государственного регулирования кластеризации пространства в условиях развивающихся экономик Азиатско-Тихоокеанского региона. В статье использовались официальные статистические данные, отражающие значения ряда показателей, подтверждающие гипотетические соображения авторов по заданной тематике, аналитические отчеты, дайджесты и т.д.

Объектом исследования в статье является кластерный подход в развитии промышленности, который включает в себя взаимодействие различных заинтересованных сторон, а также механизмы и инструменты, способствующие территориальному развитию.

Предметом исследования выступает концептуальная основа формирования кластерной политики в условиях азиатских стран, а также уникальные черты и элементы кластерной политики, которые влияют на конкурентоспособность отраслей и развитие предприятий в указанных странах.

Цель проведения анализа лежит в оценке и систематизации данных об актуальном уровне развития кластерной политики в границах Китая, Таиланда и Южной Кореи. Авторы обосновывают эффективность предпринимаемых мер, приводят данные анализа доказательной базы, составляют обобщенное представление о применении концептуальных компонентов кластерной политики.

В статье отражены основные принципы кластерной политики:

1) синергия – эффект, возникающий от взаимодействия различных участников кластера, что приводит к более высоким результатам, чем сумма индивидуальных усилий;

2) инновационность – ориентация на создание и внедрение новых технологий и решений;

3) географическая концентрация – сосредоточение предприятий в определенных регионах для улучшения доступа к ресурсам и знаниям;

4) государственная поддержка – активное участие государственных структур в формировании и развитии кластеров, включая финансирование и создание необходимых условий для их функционирования.

Отличие данной статьи от других работ заключается в отражении особенностей формирования и применения кластерной политики в развивающихся азиатских странах. В работе используется разнообразие методов исследования, включая онтологический и системный анализ, что придает исследованию многогранность и позволяет рассмотреть проблему с разных сторон. Акцентируется внимание на роли государственных органов власти в реализации кластерной политики. Статья отражает влияние кластерного подхода на экономическое развитие, что делает ее актуальной для понимания современных тенденций в области промышленной политики Азиатско-Тихоокеанского региона.

Методы и материалы

В исследовании применялись стандартные теоретические, количественные и качественные методы, в числе которых:

- системный анализ;
- онтологический анализ;
- корреляционный анализ;
- статистический анализ;
- контент-анализ;
- формализация;
- конкретизация;
- сравнение.

В качестве материалов преимущественно использовались иностранные научные труды и ресурсы. Среди основных ресурсов в данной категории отмечены статистические ресурсы (Statista), информационно-аналитические отчеты и дайджесты (United Nations Development Program (UNDP), Global Innovation Index 2024 и др.), официальные документы (European Cluster Collaboration Platform, Ministry of Knowledge Economy (MKE), Thailand Board of Investment и др.) и научные статьи (A. Kowalski, A. Kuchiki, C. Long, X. Zhang, P. Wedel, A. Pessoa, etc.). Не менее значимый вклад с точки зрения предоставления данных для анализа в рамках изучаемого вопроса был внесен российскими исследователями, среди которых А.Ф. Бурук, Е.В. Убоженко, Г.М. Костюнина, Е.А. Петрова, Ю.Н. Томашевская, Ю.Б. Миндлин, В.Д. Халипов и др.

Результаты и обсуждение

Концептуальные особенности формирования кластерной индустриальной политики в Китае

Истоки формирования кластерной политики и разработки современной концепции ее реализации следует относить к периоду последовательного развития Китая. Во времена осуществления стратегии «сдержанного роста», когда ресурсы страны распределялись целесообразно потребностям территорий и направлялись на развитие жизнеобеспечивающих секторов экономики, кластерный подход перешел в новую фазу. Так, например, обращаясь к опыту реализации плана скоординированного развития региона Пекин–Тяньцзинь–Хэбэй, удалось выяснить, что был достигнут значительный прогресс в вопросе кластеризации пространства, учитывая формирование интегрированной транспортной сети, совершенствование комплексного экологического управления[2].

[2] Beijing integrates with Tianjin, Hebei. *China Daily*. [online] Available at: http://www.chinadaily.com.cn/china/2014-04/04/content_17407089.htm [Accessed at 25.03.2025]; Coordinated Development of Beijing-Tianjin-Hebei Region. *Beijing, China*. [online] Available at: https://english.beijing.gov.cn/investinginbeijing/WhyBeijing/CoordinatedDevelopment/ [Accessed at 25.03.2025].

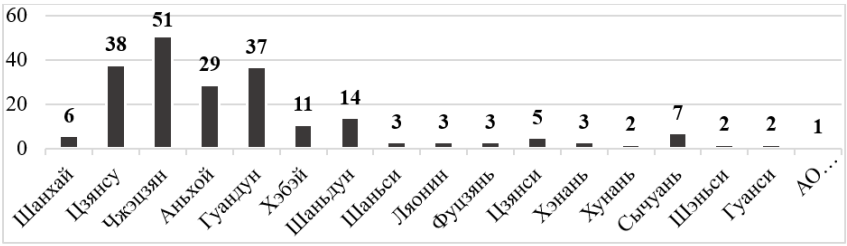


Рис. 3. Разброс кластерных образований в Китае[3]

Fig. 3. Dispersion of cluster formations in China[3]

Однако особенности современной кластерной политики Китая пока не предусматривают меры, связываемые с потребностями регионов, в числе которых[4]:

1) снижение региональных разногласий через рассредоточение специализаций;
2) устранение рыночных и иных административных барьеров;
3) реформирование подходов и практик, препятствующих образованию единого рынка и развитию честной конкуренции;
4) ускорение интеграции рынков труда;
5) стимулирование процессов интеграции технологических рынков и финансовых услуг;
6) стандартизация принципов и норм доступа к рынкам и т.п.

Следует заметить, что приблизительно в начале 2010-х гг. города и иные территориальные единицы Китая начали восприниматься властями в качестве основы потребительского спроса и зон сосредоточения промышленности как неотъемлемого элемента существования сферы услуг [7]. В некотором смысле причиной тому послужило рассредоточение промышленных предприятий по стране в зависимости от относительных производственных преимуществ провинций, близость организаций одной отрасли, которая также повлияла на эффективную интеграцию цепочек поставок, снижение транспортных затрат и повышение оперативности реагирования[5].

Следует пояснить, что кластерная политика в Китае как явление представляет собой совокупность мер, подходов и инструментов, применение и реализация которых осуществляются, учитывая инициативность как государственных структур, так и частных предприятий. Таким образом, данное понятие достаточно гибкое в своем проявлении, так как представлено через действия заинтересованных сторон, сопряженные с решением проблемы повышения конкурентоспособности экономики за счет кластеризации.

Для наилучшего представления современного уровня поддержки концептуального реформирования промышленной кластерной политики Китая важно представить таблицу, в которой расписаны основные этапы ее развития (табл. 1).

Многие кластерные системы Китая формируются в начале 2000-х гг. в результате объединения малых и средних предприятий (МСП). В связи с данным фактом возникает потребность обозначить роль кластерной индустриализации, так как сформировавшиеся условия выгодно подчеркивают значение сравнительных преимуществ в Китае как фактора. Подобная бизнес-модель, которая характеризуется акцентуацией в предпринимательской среде и рабочей

[3] Список кластеров по специализации. *Сапсан. Группа компаний "Vector trade limited"*. [online] Available at: http://sapsan-logistics.ru/spisok-klasterov-po-specializacii#4 [Accessed at 25.03.2025].

[4] Shuwei A. (2024) A new phase in cluster development. *China Services INF*. [online] Available at: https://govt.chinadaily.com.cn/s/202404/01/WS66223844498ed2d7b7eac251/a-new-phase-in-cluster-development.html [Accessed at 25.03.2025].

[5] China's Industry Clusters – A Comprehensive Overview (2024) *INDUQIN*. [online] Available at: https://www.induqin.com/post/china-s-industry-clusters-a-comprehensive-overview#:~:text=China's%20industry%20clusters%2C%20benefitting%20from%20a%20combination%20of,China's%20market%20competitiveness%2C%20technological%20innovation%2C%20and%20economic%20growth [Accessed at 25.03.2025].

силе и в меньшей степени принимает во внимание капитал, со временем стала наиболее предпочтительной для Китая. В дополнение к этому кластерная индустриализация предполагает ряд положительных особенностей [24]:

1. При менее строгих требованиях к минимальному капиталовложению многие предприниматели с низким уровнем дохода могут начать развивать деятельность.
2. Обострение конкуренции между предприятиями из-за общей зоны локализации может повысить мотивацию вести деятельность в рамках принципов легальности и прозрачности действий.
3. В совокупности с течением времени у предприятий, задействованных в кластерных образованиях, снижается зависимость от внешней финансовой поддержки.

Важно отметить, что исходный принцип формирования индустриальных кластеров отсылает к подходу реализации политики «Bottom – Up», характерной для загородных территорий, что может послужить примером для развивающихся государств в пределах континента. В частности, подобная схема применима в отношении дестинаций, которые отличаются низким соотношением капитала и рабочей силы, а также высокой плотностью населения [17].

Кроме того, в качестве ключевой черты данного подхода исследователи, среди которых F. Frattini, G. Prodi, A. Kowalski, выделяют то, что инициация формирования и развития кластеров прослеживается со стороны предприятий, заинтересованных в производственном росте и оптимизации ресурсов (межфирменная кооперация), тогда как государственная поддержка осуществляется в тех случаях, когда вопросы развития таких образований затрагивают социально-экономические цели и потребности, вопросы репутационного становления регионов и т.п.

В качестве альтернативы предлагается подход «Top – Down», отражающий вертикальные интервенции внутри индустриальной кластерной политики. Такой подход применяется в условиях, когда инициатива создания кластера исходит от государственных структур и подкрепляется необходимостью стратегически развивать территории, повышая инновационную и инвестиционную привлекательность, подчеркивая абсолютные и/или относительные преимущества обозначенной зоны [18, 21].

В результате проведенного анализа промышленного комплекса Китая и его состояния удалось выявить ряд особенностей, которые повлияли на систематизацию информации. Несомненно, это – склонность к преобразованию традиционных форм промышленных кластеров в инновационные, специфика взаимоотношений между государственным и частным секторами, которая проявляется в создании условий правительственными органами облегченного выхода предприятий на международные рынки, а также ориентация на внутреннее комплексное устойчивое развитие территорий [2, 9, 11, 14]. Соответственно, очевидные тенденции в реализации промышленной кластерной политики Китая основаны на доминирующей позиции государственных структур, повышенном внимании к стратегическому планированию и стремлении к инновациям.

Концептуальные особенности формирования кластерной индустриальной политики в Таиланде

Исследуя характерные особенности развития кластерной политики и ее компонентов в Таиланде, следует подчеркнуть, что нынешний уровень проработанности данного вопроса сравнительно невысокий. Однако данный факт не противоречит наличию стратегического плана, предусматривающего категоризацию кластерных образований. В совокупности кластерная политика рассматриваемого государства состоит из различных проявлений, может включать всестороннее развитие отдельных категорий промышленных зон и предприятий, совмещать в себе инструменты и комплекс мер по повышению спроса на локальную потребительскую продукцию.

Тенденции продвижения Таиланда в вопросе разработки промышленной кластерной политики предполагают активное участие государственных органов. В настоящее время тайский промышленный комплекс проходит через ряд этапов реорганизации, которые связываются экспертами с темой стратегического управления кластеризацией пространства. Ответственное

предприятие – Национальное агентство по развитию науки и технологий (NSTDA), которое осуществляет регулирование исполнения мер по решению проблемы практической реализации промышленной кластерной политики, основываясь на принципах Национальной инновационной системы (NSI), сосредоточилось на повышении значений национальных экономических индикаторов и совершенствовании технологических возможностей [32].

Таблица 1. Основные этапы формирования кластерной политики в Китае [11–13, 19, 20, 26, 30][6]
Table 1. Main stages of cluster policy formation in China [11–13, 19, 20, 26, 30][6]

№ этапа	Год/ Годы	Характеристика
1	*1979*	Создание и развитие трех особых экономических зон (ОЭЗ), послуживших инструментом политики открытых дверей, в рамках которой территории Китая развивались как перспективные направления для привлечения иностранных инвестиций и развития торговли.
2	*1980*	Практическое осуществление сельской индустриализации через создание в границах Вэньчжоу торговых рынков, многие из которых повлияли на развитие промышленных кластеров, тогда как сами промышленные кластеры влияли на охват и масштабирование торговых товарных рынков.
3	*1989*	Стратегический план «Одна деревня – один продукт», реализованный по инициативе государственных структур, раскрывающий особенности зонирования территорий КНР в рамках индустриализации сельских районов. В основе территориального стратегического планирования лежала производственная специализация.
4	*1998*	Разработка и внедрение программы «Факел», которая была ориентирована на развитие стратегически важных экономических секторов с высокотехнологичным уклоном, на содействие коммерциализации и интернационализации продукции, производившейся китайскими предприятиями, а также на поддержку проектов, способных закрыть стратегические потребности КНР.
5	*2006*	В Китае действовала план-схема территориального развития «Шанхайский промышленный туризм» (2006–2010 гг.), которая отражала результаты глубокого тематического и географического анализа ресурсов. В основе описываемого плана лежал кластерный подход, который применялся в отношении семи зон промышленно-туристского развития, характеризующихся объединением значимых объектов. Целью реализации плана послужило стремление к комплексному стратегированию развития территорий.
6	*2007*	Промышленные кластеры были официально обозначены государственной властью КНР как эффективные инструменты, воздействующие на формирование экономического преимущества территорий. Документ, определяемый как «Заявление о содействии развитию промышленных кластеров», послужил одним из важнейших компонентов концептуального базиса создания кластерной политики, так как включал конкретные меры укрепления планирования развития и повышения осведомленности о характеристиках территорий.
7	*2015*	Была принята стратегия “Made in China 2025”, направленная на развитие и реструктуризацию производственного сектора КНР. Целью стратегии являлись повышение конкурентоспособности и эффективности промышленности, а также ориентация на производство высокотехнологичной продукции, в том числе через создание инновационных кластеров и стимулирование развития сотрудничества предприятий разных категорий, венчурных инвестиций и т.п.
8	*2021–2025*	Был принят XIV пятилетний план, который ориентирован на концентрацию ресурсов и усилий вокруг проблемы развития передовых промышленных отраслей и стимулирования их роста через кластеризацию, интеграцию научно-исследовательских структур и т.п.

[6] Кластерная политика Китая в новой пятилетке. *Clusterland.by*. [online] Available at: https://clusterland.by/2021/05/31/klasternaya-politika-kitaya-v-novoj-pyatiletke/ [Accessed 25.03.2025]. (in Russian); The 14th Five-Year Plan of the People’s Republic of China—Fostering High-Quality Development. Solving Complex Challenges Together (ADB). [online] Available at: https://www.adb.org/publications/14th-five-year-plan-high-quality-development-prc [Accessed 10.02.2025]; Issue Brief – China’s 14th Five-Year Plan (2021) *United Nations Development Program* (*UNDP*). [online] Available at: https://www.undp.org/china/publications/issue-brief-chinas-14th-five-2025-plan [Accessed at 10.02.2025].

В исторической ретроспективе активные меры по повышению конкурентоспособности Таиланда через кластеризацию пространства стали применяться в 2003 г. На сегодняшний день, можно выделить ряд организаций, заинтересованных в выстраивании, совершенствовании и реализации индустриальной кластерной политики, среди которых Национальный совет по экономическому и социальному развитию (NESDB), департамент содействия развитию промышленности Министерства промышленности (DIP), управление по развитию МСП (OSMEP), NSTDA [31].

На начальном этапе правительство Таиланда рассматривает перспективы развития «суперкластеров» и целевых кластеров. В то время как первая категория кластеров характеризуется как инновационная за счет применения новейших технологий и подключения возможностей секторов экономики будущего, целевые индустриальные кластеры в большей степени определяются сосредоточенностью предприятий, действующих в рамках конкретных направлений и отраслей [38]. Несомненно, такие крупные системы, как индустриальные кластеры, требуют большого объема инвестиций. В отношении Таиланда стоит подчеркнуть, что кластеры сочетают в себе комплекс инвестиционных задач, соответствующий концепции развития страны, среди них [38]:

- деятельность, основанная на генерации новых знаний, создании инноваций;
- инфраструктурный рост;
- деятельность, учитывающая потенциал и организационную специфику МСП;
- финансовая поддержка менее развитых провинций и т.п.

Важно понимать, что многие исследователи и эксперты в области выстраивания и реализации политики кластеризации рассматривают такое явление, как промышленный кластер в качестве пересекающегося с понятием «свободная экономическая зона» (СЭЗ). Такие установки обусловлены тем, что СЭЗ повлияли на становление широкого перечня отраслей промышленности в Таиланде и формирование кластеров. По этой причине фаза зрелости в цикле формирования и последующего развития индустриальной кластерной политики страны ознаменовывается созданием СЭЗ. Кроме того, приравнивая Таиланд к Китаю и Южной Корее, необходимо подчеркнуть, что СЭЗ проектировались в зависимости от специализации провинций [5].

Отступая от проблемы уравнивания кластеров и СЭЗ, следует добавить, что промышленная кластерная политика Таиланда является частью экономической модели “Thailand 4.0”, предложенной в 2015 г., которая предполагает разработку и внедрение инноваций как основного драйвера положительных изменений. В основе данной модели лежит комплекс приоритетных отраслей промышленности и сферы услуг (S-Curve Industries). Концепция S-образной кривой предполагает, что рост промышленности и других секторов экономики на стадии ее становления компаративно замедлен из-за рыночных ограничений и недостаточной раскрытости потенциала, в то время как объем производства быстро увеличивается[7] [40].

Стоит отметить, что концепция кластерной политики в рамках описанной инициативы завязана на создании специальных кластеров в качестве инструментов расширения Восточного экономического коридора (EEC). Помимо инновационного развития промышленного комплекса и сферы услуг, концепция “Thailand 4.0” играет значимую роль в решении проблемы развития человеческого капитала[8].

Другая не менее значимая составляющая, влияющая на конструирование общеазиатской концепции формирования политики индустриальной кластеризации, отражает пересечения с опытом Китая. Наблюдаются следующие сходства [5, 32, 39]:

[7] Translating policy into Implementation: Thailand’s superclusters. *Economic and Social Commission for Asia and the Pacific* (*ESCAP*). [online] Available at: https://msmepolicy.unescap.org/index.php/translating-policy-implementation-thailands-superclusters [Accessed at 11.02.2025].

[8] Kohpaiboon A. (2020) Thailand 4.0 and its challenges. *East Asia Forum*. [online] Available at: https://eastasiaforum.org/2020/04/17/thailand-4-0-and-its-challenges/ [Accessed at 25.03.2025].

• Особенности планирования стратегий развития территорий, так как базовыми критериями выявления границ, направлений функционирования и потенциальной структуры кластеров являются районирование (зонирование) и производственная специализация.

• Осуществление правительственными организациями Таиланда практики поддержки и инвестирования продвижения приоритетных секторов экономики через создание ОЭЗ, которые основаны на концепции кластерного устройства, с целью совершенствования цепочек ценности промышленности. В основном меры по улучшению цепочек ценности предполагают укрепление связей между организациями-участниками, подключение научно-исследовательских институтов, принимая во внимание зону локализации системы.

• Разделение направления разработки политики на создание промышленных зон и увеличение числа научно-исследовательских и технологических парков.

В конечном итоге опыт формирования индустриальной кластерной политики в Таиланде несколько отличается концептуально от других проанализированных примеров, несмотря на существенный перечень совпадений, которые составили базовое представление о сущности и уровне развитости стратегического направления в Азии.

Концептуальные особенности формирования кластерной индустриальной политики в Южной Корее

Обращаясь к опыту Южной Кореи, важно подчеркнуть, что существует ряд сходств с Китаем в формировании кластерной политики. В числе них – применение принципов проектирования кластерных образований в соответствии с подходами «Top – Down» и «Bottom – Up». Однако уникальность опыта создания южнокорейских кластеров отражается в основных постулатах общегосударственной стратегии инновационного развития, которая направлена на расширение возможностей в науке, создание экосистемы инноваций и технологий [1, 15].

Кластерная политика в Южной Корее гибкая и сбалансированная. Она является компиляцией секторных политик, инструментов, форм реализации проектов, инициатив, трендов и т.д.

Южная Корея – один из ярких представителей Азиатско-Тихоокеанского региона, подтверждающих необязательность учета определенного алгоритма мер в построении кластерной политики, стихийный характер объединения составляющих в систему.

Важные задачи в концепции построения кластерной политики лежат в области поддержки специализированных средних кластерных образований в высокотехнологичных областях, а также укрепления позиций государства с точки зрения совершенствования цифровой экономики. По этой причине в числе специфических черт построения концепции кластерной политики в Южной Корее следует не столько рассматривать элементы данной политики, сколько анализировать взаимосвязи между концепциями и стратегиями в разных областях (рис. 4).

Координирующая и инициирующая функция зачастую возлагается на государственные органы, что позволяет выделять компоненты, определяющие природу и характер поддерживающих мер. Данные компоненты складываются в модели трех «i» [10, 12, 13, 22, 35]:

i. *Инфраструктура*. Рассматривается через постепенное совершенствование политических мер, которые сосредоточены не только на расширении региональной инфраструктуры, но и на поддержке разработки технологий, развития предпринимательства, обеспечения условий эффективного сотрудничества промышленности и научно-исследовательских структур. Так, еще в 1990 г. был создан институт кластерной инфраструктуры, способствующий переходу предприятий от трудоемких технологий к интеллектуальным инновациям.

ii. *Инвестиции*. Стимулирование развития кластерных образований, в частности в индустриальной среде, предполагает планирование финансирования. Финансирование кластеризации в Южной Корее предусмотрено в различных формах, включая венчурные инвестиции, субсидирование, льготирование и т.д.

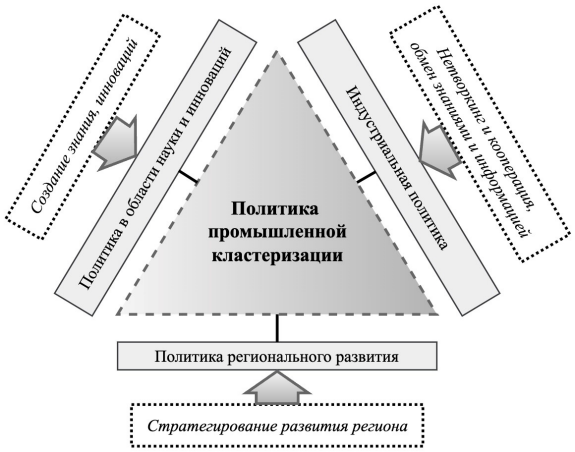


Рис. 4. Составляющие политики промышленной кластеризации в Южной Корее [37]
Fig. 4. Components of industrial clustering policy in South Korea [37]

iii. *Инновации*. Планирование направлений внедрения инноваций и расширения возможностей их применения в Южной Корее основано на комплексном подходе. С одной стороны, для страны характерно форсирование коммуникации между промышленными предприятиями и научно-исследовательскими лабораториями. С другой стороны, специфика кластерной стратегии заключается в создании новой экосистемы, направленной на повышение конкурентоспособности, усиление самодостаточных механизмов регионального роста.

Если проанализировать опыт развивающихся экономик, выяснится, что подобная выборка фундаментальных составляющих в стратегировании не является уникальной. Однако на опыте Южной Кореи представленные компоненты раскрываются иначе. Преимущественно это прослеживается в классификации индустриальных зон, которые являются приоритетными с точки зрения повышения инвестиционной привлекательности районов (рис. 5).

Ключевым драйвером постоянного совершенствования индустриальной кластерной политики в Южной Корее являются инновации. Инновационная составляющая играет важную роль в решении проблемы общегосударственного развития с юридической, интеллектуальной и стратегической точки зрения [8]. В некотором роде причиной послужили процессы глобализации, частичная идеологическая и культурная связь Южной Кореи с европейскими странами, а также тесное сотрудничество с ними, продуктом которого стала научная сеть – The Korean Scientific Cooperation Network (KORANET), стимулирующая тесное взаимодействие совместной научно-исследовательской деятельности [11].

Рассматривая концепцию построения индустриальной кластерной политики в Южной Корее, важно изучить хронологию ее совершенствования (табл. 2).

В числе основных задач, формирующих концептуальную основу кластерной политики в промышленном комплексе Южной Кореи, наблюдается обеспечение средствами, возможностями, информацией и инвестициями на региональном и местном уровнях. Более того, специфика позиции властей Южной Кореи в решении данной проблемы обусловлена неоднозначным подходом, так как существует необходимость, с одной стороны, обновлять пятилетний план промышленного развития, а с другой стороны, анализировать пространство на предмет наличия территорий с высоким потенциалом и опытом кластеризации промышленного комплекса, основанной на знаниях [33].

Современный контекст подразумевает активную деятельность правительства в области укрепления международного сотрудничества на основе кластерного развития, что снижает тенденции к сепарации сравнительно с тем же Китаем [23, 25]. Эта черта одновременно является

Рис. 5. Классификация индустриальных зон Южной Кореи [36]
Fig. 5. Classification of industrial zones in South Korea [36]

главным отличием Южной Кореи в сравнении с Китаем и Таиландом, так как в большей степени приближает страну к ценностным ориентирам и концепциям стратегического планирования, свойственным ЕС.

Таблица 2. Основные этапы формирования индустриальной кластерной политики в Южной Корее [6, 12, 13, 16, 28][9]
Table 2. Main stages of formation of industrial cluster policy in South Korea [6, 12, 13, 16, 28][9]

Фазы	Год/Годы	Характеристика
Начальная фаза	*1960–1970*	Совершенствование индустриального сектора через смещение фокуса на экспортные и стратегические отрасли, формирующие спрос с течением времени. Расширение промышленного экспорта за счет ключевых отраслей промышленности (текстильная, швейная и т.д.) в период 1960-х гг. и ориентация на экспорт продуктов предприятий тяжелой промышленности с 1970-х гг.
	кон. 1970-х – нач. 1980-х	Хай-тек-развитие индустриального сектора, разращивание отрасли тяжелой промышленности, совершенствование инвестиционного потенциала южнокорейского промышленного рынка.
	1990	Рост актуальности стратегий институционального управления и кадрового менеджмента, релокация промышленных предприятий.

[9] Куценко Е. (2013) Обсуждение концепции разумной специализации регионов на семинаре в Гуанджу. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». [online] Available at: https://issek.hse.ru/news/82152050.html [Accessed 13.02.2025]. (in Russian); АО «КИРИ» принял участие в ежегодной встрече стран-участников Азиатского подразделения TCI Network – TCI Asia Chapter 2018 в г. Тэгу, Южная Корея (2018) Qazindustry. [online] Available at: https://qazindustry.gov.kz/;/article/ao-kiri-prinyal-uchastie-v-ezhegodnoi-vstreche-stran-uchastnikov-aziatskogo-prodrazdeleniya-tci-network-tci-asia-chapter-2018-v-g-tegu-yuzhnaya-koreya- [Accessed 25.03.2025]. (in Russian); Стажировка для руководителей центров кластерного развития. Деловой Совет по сотрудничеству с Республикой Корея (Россия–Корея). [online] Available at: http://koreanbusinesscouncil.com/ru/bm/stazhirovka-dlya-rukovoditelej-tsentrov-klasternogo-razvitiya/obshhaya-informatsiya/ [Accessed 25.03.2025]. (in Russian); Riley D. (2024) South Korea accelerates construction of Yongin semiconductor hub to start in 2026. Silicon Angle. [online] Available at: https://siliconangle.com/2024/12/26/south-korea-accelerates-construction-yongin-semiconductor-hub-start-2026/ [Accessed 25.03.2025].

Окончание таблицы 2

Фазы	Год/Годы	Характеристика
Начальная фаза	*2000*	Кластерная политика строится в связке с инновационной политикой государства, разработчики обращают внимание на перспективы межрегионального развития. Правительство принимает активное участие в практической реализации кластеризации пространства, инициируя создание национальных индустриальных комплексов: Чангвон (машиностроительный кластер), Кванджу (кластер горнодобывающей промышленности), Вонджу (кластер по производству медицинского оборудования), Гуми (производство электроники) и т.п.
Фаза роста	*2004–2009*	Был принят сбалансированный национальный план развития, который повлиял на поддержку региональных инноваций; была создана специализированная научно-техническая зона Тэдок Иннополис (Тэнджон), которая совместно с Корпорацией индустриальных комплексов Кореи функционирует с целью проектирования инновационных кластеров. В 2009 г. был принят Пятилетний план регионального развития Южной Кореи (2009–2013 гг.), который предполагал меры комплексного повсеместного развития, среди которых создание микрокластеров, специальных инновационных проектов, подстраиваемых под условия конкретных регионов, поддержка и стимулирование взаимодействий и долговременного сотрудничества между промышленными комплексами и научно-исследовательскими центрами/лабораториями и т.д.
	2010–2012	Данный этап формирования индустриальной кластерной политики в стране характеризуется количественным совершенствованием, так как число кластерных образований, поддерживаемых на государственном уровне, составило порядка 193, а также повышением качества сетевого межрегионального взаимодействия кластерных систем. На 2012 г. в Гуанджу отмечалось около 360 «живых» высокотехнологичных организаций, которые участвовали в стратегических сессиях и стали важными элементами кластерной политики с точки зрения построения производственно-сбытовых цепочек, информационно-коммуникационной поддержки и т.д.
	2013	Начало этапа реформирования политики кластеризации пространства Южной Кореи в пользу устойчивого развития, что проявляется в инвестиционной поддержке промышленных кластеров всех категорий, а также образований в высокотехнологичных отраслях.
Фаза зрелости	*2017*	Южная Корея начала развивать связи, полезные для повышения уровня индустриальной кластерной политики, на международной арене, вступив в интернациональную сеть экспертов в области конкурентоспособности и кластерного развития (TC Network).
	2021–2024	В 2021 г. В Южной Корее по инициативе Министерства экономического развития РФ проходила стажировка для специалистов в области развития кластеров и реализации кластерной политики из России в границах основных кластерных образований страны. В 2022 г. фокус совершенствования кластерной политики сместился в сторону поддерживающих мер относительно специализированных микрокластеров, действующих в высокотехнологичных отраслях, а также повышения потенциала и расширения возможностей инновационно-технологической составляющей существующих кластеров. В 2024 г. было одобрено проектирование и строительство крупнейшего в мире производственного кластера (Yongin Semiconductor), который располагается Йонъине. Кластер включает несколько заводских предприятий, организаций-поставщиков материалов и оборудования.

Заключение

Можно отметить, что для повышения эффективности кластерной политики в странах Азиатско-Тихоокеанского региона необходимо сосредоточиться на интеграции инновационных

подходов и активном вовлечении организаций в кластерные структуры, что позволит не только улучшить конкурентоспособность отдельных отраслей, но и создать более устойчивую экономическую среду, способствующую развитию предпринимательства и привлечению инвестиций. Также необходимо усилить взаимодействие между государственными структурами и бизнесом, что обеспечит более целенаправленное и эффективное использование ресурсов, а также позволит адаптировать кластерные инициативы к специфическим условиям и потребностям регионов и стран.

Перспективы развития кластерной политики в развивающихся странах Азии выглядят многообещающими благодаря активному вовлечению государственных структур и акценту на инновациях.

Азиатские страны демонстрируют успешные примеры интеграции предприятий в кластерные системы, что способствует повышению конкурентоспособности и экономическому росту. Учитывая растущий интерес иностранных инвесторов и поддержку со стороны правительства, можно ожидать дальнейшего укрепления кластерных инициатив, направленных на развитие передовых промышленных секторов и стимулирование сотрудничества между различными участниками.

Анализируя специфику концепции формирования политики промышленной кластеризации в странах Азии, удалось отметить, что опыт экономического развития этих стран отражает неоднозначные взаимоотношения между частным и государственным секторами. С одной стороны, предприятия и правительственные организации существуют обособленно и их роль в создании индустриальных кластеров является решающей в процессе выбора подхода реализации проекта. С другой стороны, степень, интенсивность и характер взаимодействия представителей бизнес-среды с государственными структурами значительно влияет на получение дополнительной поддержки и ресурсного обеспечения.

Общие тенденции развития кластерной политики стран Азиатско-Тихоокеанского региона позволяют судить о неоднозначности восприятия термина «кластерная политика». Данное понятие может быть интерпретировано по-разному с позиции определения содержания, так как элементы данной политики представляют собой симбиоз положений, отраженных в отраслевых регламентах развития, инструментов, структурных черт ресурсной базы дестинаций, подходов, прав и обязанностей сторон, присущих определенным государствам.

Было подчеркнуто, что индустриальная кластерная политика Азиатско-Тихоокеанского региона представляет собой комплекс мер и отраслевых стратегий развития, разрабатываемых и осуществляемых правительственными организациями с целью поддержания как конкретных секторов экономики, так и проектов пограничного порядка. Стоит обратить внимание на то, что в условиях рассмотренных государств особую роль играет гибкий характер концепций кластерного развития территорий, их направленность на укрепление инновационного потенциала существующих промышленных комплексов.

Таким образом, результаты анализа позволили составить концептуальный обзор, в рамках которого определены основные положения индустриальной кластерной политики в границах азиатских государств (Китай, Таиланд и Южная Корея). Удалось сформулировать выводы и характерные общие особенности:

1. Преимущественное число примеров индустриальных кластерных образований предусматривает интеграцию малых и средних предприятий в общую систему.

2. Выбор подхода при формировании индустриальных кластеров определяется характером потребностей (стратегическое развитие территории, рост производительности).

3. Ключевую роль в стратегировании играют меры по зонированию территорий в зависимости от их специализации.

4. Государственные структуры зачастую инициируют, организуют и контролируют практическое развитие кластерных образований.

5. Кластерные системы рассматриваются в странах Азии как важнейший инструмент на пути к построению экономики, регулируемой инновациями и отличающейся высокотехнологичным вектором роста.

6. Отсутствует конкретизация различий в вопросе качественного определения различий между понятиями «особая экономическая зона», «свободная экономическая зона» и «кластер», что влияет на унификацию опыта азиатских государств и сказывается на детализации индустриальной кластерной политики в целом.

7. Поддержка высокотехнологичных отраслей (машиностроение, электронная промышленность, химическая промышленность и т.д.).

8. Комплексное развитие территорий: формулирование мер, определение ресурсов, инструментов, полномочий, задействованных в формировании индустриальной кластерной политики, сторон, которые масштабируемы и применимы на федеральном, региональном и местном уровнях.

9. Ключевая мера поддержки практической реализации индустриальной кластерной политики в соответствии с ее концептуальными положениями – инвестиции.

Направления дальнейших исследований

Дальнейшее развитие исследования концептуальных особенностей формирования кластерной политики в условиях промышленного комплекса, а также особенностей стратегирования отдельных отраслей и специфики опыта применения кластерного подхода в целях совершенствования региональной промышленности может быть раскрыто через изучение особенностей планирования социально-экономического роста отдельных государств Азиатско-Тихоокеанского региона с использованием потенциала промышленного комплекса, производственной специализации конкретных регионов и практики применения кластерного подхода в решении вопросов развития промышленных отраслей.

Кроме того, авторы рассматривают перспективы анализа роли государственных структур в построении индустриальных кластеров через призму институционального управления, а также отличительных особенностей промышленных кластеров от других образований данной категории в условиях определенных дестинаций.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Андрианов В.Д. (2022) Республика Корея: от креативной к цифровой экономике. *Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество*, 5 (1), 766–776.

2. Бурук А.Ф., Убоженко Е.В. (2019) Опыт дирижистской кластерной политики Азии и Китая. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 9 (9А), 49–57. DOI: https://doi.org/10.34670/AR.2019.91.9.00

3. Краковская И.Н. (2023) Концепция обеспечения устойчивой конкурентоспособности промышленных кластеров России: основные положения. *Экономика, предпринимательство и право*, 13 (2), 343–364. DOI: https://doi.org/10.18334/epp.13.2.116984

4. Коновалова М.Е. (2011) Кластерный подход и его роль в структурной сбалансированности общественного воспроизводства. *Успехи современного естествознания*, 12, 93–96.

5. Костюнина Г.М. (2017) Практика функционирования свободных экономических зон в Таиланде. *Российский внешнеэкономический вестник*, 5, 38–53.

6. Косинов Д.В., Атамась Е.В. (2023) Зарубежный опыт формирования экономических кластеров. *Региональные проблемы преобразования экономики*, 1, 12–19. DOI: https://doi.org/10.26726/1812-7096-2023-1-12-19

7. Калашников Д.Б., Митрофанова И.Б. (2023) Региональное развитие Китая на этапе подготовки перехода к постиндустриализации. *Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право*, 16 (1), 128–146. DOI: https://doi.org/10.31249/kgt/2023.01.07

8. Кучумов А.В., Белякова Н.В., Еремичева П.Ю. (2024) Инновационная составляющая в структуре интеллектуального потенциала Южной Кореи. *Проблемы современной экономики*,

3 (91), 144–147. [online] Available at: https://m-economy.ru/art.php?nArtId=7846 [Accessed 12.02.2025]. (in Russian)

9. Кучумов А.В., Еремичева П.Ю. (2024) Специфика предпринимательства в Китае. *Стратегии развития предпринимательства в современных условиях: сборник материалов VIII международной научно-практической конференции*, 63–66. [online] Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_69029244_97588174.pdf [Accessed 12.02.2025]. (in Russian)

10. Кузнецова Н.В., Воробьева Н.А. (2016) Кластеризация экономики: зарубежный опыт развития и перспективы России. *Экономика науки*, 2 (2), 130–137. [online] Available at: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-99387-1 [Accessed 12.02.2025]. (in Russian)

11. Миндлин Ю.Б. (2024) Опыт формирования агропромышленных кластеров на примере Китая. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право*, 9, 61–64. DOI: https://doi.org/10.37882/2223-2974.2024.09.24

12. Петрова Е.А., Томашевская Ю.Н. (2022) Опыт реализации кластерной политики в странах Азии и Латинской Америки. *Региональная экономика. Юг России*, 10 (4), 72–81. DOI: https://doi.org/10.15688/re.volsu.2022.4.7

13. Томашевская Ю.Н. (2023) Сравнительный анализ кластерной политики в странах Азии. *Векторы благополучия: экономика и социум*, 49 (2), 86–104. DOI: https://doi.org/10.18799/26584956/2023/2/1577

14. Титова Н.Ю., Гриванов Р.И., Шокурова Ю.С. (2018) Международная практика создания экономических кластеров: опыт КНР. *Интеллектуальный потенциал вузов – на развитие Дальневосточного региона России и стран АТР*, 176–180. [online] Available at: https://portfolio.vvsu.ru/publications/thesis/details/tid/5828/material/2145885698/?ysclid=m758yqjjoi393825721 [Accessed 13.02.2025]. (in Russian)

15. Умаров Х.С. (2022) Современные технологии в Южной Корее: стартапы, города, сервисы. *Вопросы инновационной экономики*, 12 (3), 1981–2000. DOI: https://doi.org/10.18334/vinec.12.3.116265

16. Халипов В.Д. (2016) Формирование инновационных кластеров: опыт Республики Корея. *Теория и практика общественного развития*, 3, 76–79. [online] Available at: http://teoria-practica.ru/rus/files/arhiv_zhurnala/2016/3/economics/khalipov.pdf [Accessed 12.02.2025]. (in Russian)

17. Fleisher B., Hu D., McGuire W., Zhang X. (2010) The evolution of an industrial cluster in China. *China Economic Review*, 21 (3), 456–469. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chieco.2010.04.004

18. Frattini F., Prodi G. (2012) Industrial clusters in China: Policy tools for further and more balanced development. *European Review of Industrial Economics and Policy*, 5, hal-03469549. [online] Available at: https://hal.science/hal-03469549/document [Accessed 11.02.2025]

19. Jankowiak A.H. (2017) Cluster-based development: A Chinese cluster policy. *Research Papers of Wrocław University OF Economics. The Development Challenges of Asia-Pacific Countries*, 486, 71–79. DOI: https://doi.org/10.15611/pn.2017.486.06

20. Kenderdine T. (2017) China's Industrial Policy, Strategic Emerging Industries and Space Law. *Asia & The Pacific Policy Studies*, 4 (2), 325–342. DOI: https://doi.org/10.1002/app5.177

21. Kowalski A.M. (2020) Towards an Asian Model of Clusters and Cluster Policy: The Super Cluster Strategy. *Journal of Competitiveness*, 12 (4), 74–90. DOI: https://doi.org/10.7441/joc.2020.04.05

22. Koo Y. (2013) Evolution of Industrial Policies and Economic Growth in Korea: Challenges, Crises and Responses. *European Review of Industrial Economics and Policy*, 7, hal-03470146. [online] Available at: https://hal.science/hal-03470146/document [Accessed 12.02.2025]

23. Kuchiki A. (2005) Theory of a Flowchart Approach to Industrial Cluster Policy. [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/5141200_Theory_of_a_Flowchart_Approach_to_Industrial_Cluster_Policy [Accessed 11.02.2025]

24. Long C., Zhang X. (2009) Cluster-Based Industrialization in China: Financing and Performance. *IFPRI Discussion Paper*, 199. [online] Available at: https://www.sem.tsinghua.edu.cn/__local/E/20/53/CA792EDC9DB30B6B4AF9B831889_69ACE4D1_8A22F.pdf?e=.pdf [Accessed 13.02.2025]

25. Makhmasobirova N.U., Adizov A.M. (2018) Clusters as main drivers of competitiveness: View from South Korea. *South Asian Journal of Marketing & Management Research* (*SAJMMR*), 8 (12), 4–10. DOI: https://doi.org/ 10.5958/2249-877X.2018.00040.1

26. Novoselova O. (2021) Industrial tourism as a means of "Made in China" reputation improvement. *Journal of Spatial and Organizational Dynamics*, 9 (1), 61–72. [online] Available at: https://www.academia.edu/45657888/INDUSTRIAL_TOURISM_AS_A_MEANS_OF_MADE_IN_CHINA_REPUTATION_IMPROVEMENT [Accessed at 10.02.2025]

27. Pessoa A. (2012) Regional cluster policy: The Asian model vs. the OECD approach. *Munich Personal RePEc Archive* (*MPRA*), 42024. [online] Available at: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/42024/1/MPRA_paper_42024.pdf [Accessed 09.02.2025]

28. Park S.O., Koo Y. (2012) Innovation-driven cluster development strategies in Korea. *European Review of Industrial Economics and Policy*, 5, hal-03636813. [online] Available at: https://hal.science/hal-03636813/document [Accessed 12.02.2025]

29. Sopoligová M., Pavelková D. (2017) Cluster policy in Europe and Asia: A comparison using selected cluster policy characteristics. *Journal of International Studies*, 10 (3), 35–50. DOI: https://doi.org/10.14254/2071-8330.2017/10-3/3

30. Wang H., Fu Y. (2019) A Comparative Study of Industrial Tourism of Cities in China. *Chinese Studies*, 8 (1), 13–26. DOI: https://doi.org/10.4236/chnstd.2019.81002

31. Wedel P. (2003) *Industrial clusters in Thailand*. [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/247158112_Industrial_clusters_in_Thailand [Accessed 11.02.2025]

32. Wonglimpiyarat J. (2006) Strategic management of industrial clusters in Thailand. *Innovation*, 8 (3), 273–287. DOI: https://doi.org/10.5172/impp.2006.8.3.273

33. Country factsheet. Republic of Korea. *European Cluster Collaboration Platform*. [online] Available at: https://www.clustercollaboration.eu/sites/default/files/2023-04/ECCPfactsheet_Korea_2022.pdf [Accessed at 13.02.2025]

34. World Intellectual Property Organization (WIPO) (2024) *Global Innovation Index 2024: Unlocking the Promise of Social Entrepreneurship*. Geneva: WIPO. DOI: https://doi.org/10.34667/tind.50062

35. ILRI (Industrial Location Research Institute) & KICOX (Korea Industrial Complex Corporation) (2015) *Industrial Complex Clusters in Korea: Achievements and Challenges*. Daegu: KICOX. [online] Available at: https://kicox.or.kr/component/file/ND_fileDownload.do?q_fileSn=125829&q_fileId=1d1f8f35-ae46-4f9b-a452-6e22eabab2b3 [Accessed at 12.02.2025]

36. Kotra (2023) *Industrial Sites in Korea*. Seoul: KOTRA. [online] Available at: https://lib.kotra.or.kr/pyxis-api/1/digital-files/0c266ab0-08db-4dc2-8390-83c3bc1a2c66 [Accessed 13.02.2025]

37. The Industrial Complex. Cluster Program of Korea (2010) *KICOX*. [online] Available at: https://www.clustercollaboration.eu/sites/default/files/international_cooperation/the_industrial_complex_cluster_program_of_korea_2010.compressed.pdf [Accessed at 12.02.2025]

38. Thailand Board of Investment (2015) *Thailand Moving Ahead with Cluster Development*. [online] Available at: https://www.boi.go.th/upload/content/BOI-brochure-cluster%20area-EN-20151116_53354.pdf [Accessed at 11.02.2025]

39. Sriratana B. (2016) Investment Policy in Thailand: Moving up the Value Chain. *6th Asia-Pacific FDI Network Meeting*. [online] Available at: https://www.unescap.org/sites/default/d8files/10.%20BOI%20-%206th%20Meeting%20-%20Final.pdf [Accessed at 11.02.2025]

40. Anuroj B. (2018) *Thailand 4.0 – a new value-based economy*. [online] Available at: https://www.boi.go.th/upload/content/Thailand,%20Taking%20off%20to%20new%20heights%20@%20belgium_5ab4e8042850e.pdf [Accessed at 13.02.2025]

REFERENCES

1. Andrianov V.D. (2022) Respublika Koreia: ot kreativnoi k tsifrovoi ekonomike [The Republic of Korea: From Creative to Digital Economy]. *Bol'shaia Evraziia: razvitie, bezopasnost', sotrudnichestvo* [*Greater Eurasia: Development, Security, Cooperation*], 5 (1), 766–776.

2. Buruk A.F., Ubozhenko E.V. (2019) The experience of the dirigiste cluster policy of Asia And China. *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*, 9 (9A), 49–57. DOI: https://doi.org/10.34670/AR.2019.91.9.006

3. Krakovskaya I.N. (2023) The concept of sustainable competitiveness of industrial clusters in Russia: the main provisions. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 13 (2), 343–364. DOI: https://doi.org/10.18334/epp.13.2.116984

4. Konovalova M.E. (2011) Klasternyi podkhod i ego rol' v strukturnoi sbalansirovannosti obshchestvennogo vosproizvodstva [Cluster approach and its role in the structural balance of social reproduction]. *Advances in Current Natural Sciences*, 12, 93–96.

5. Kostyunina G.M. (2017) The practice of free economic zones in Thailand. *Russian Foreign Economic Journal*, 5, 38–53.

6. Kosinov D.V., Atamas E.V. (2023) Foreign experience in the formation of economic clusters. *Regional'nye problemy preobrazovaniia ekonomiki* [*Regional problems of economic transformation*], 1, 12–19. DOI: https://doi.org/10.26726/1812-7096-2023-1-12-19

7. Kalashnikov D.B., Mitrofanova I.B. (2023) Regional development of China on the eve of the transition to post-industrialization. *Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law*, 16 (1), 128–146. DOI: https://doi.org/10.31249/kgt/2023.01.07

8. Kuchumov A. V., Beliakova N. V., Eremicheva P. Yu. (2024) An innovative component in the structure of South Korea's intellectual potential. *Problems Of Modern Economics*, 3 (91), 144–147. [online] Available at: https://m-economy.ru/art_e.php?nArtId=7846 [Accessed 12.02.2025]. (in Russian)

9. Kuchumov A.V., Eremicheva P.Y. (2024) The specifics of entrepreneurship in China. *Strategies for the development of entrepreneurship in modern conditions: a collection of materials from the VIII international scientific and practical conference*, 63–66. [online] Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_69029244_97588174.pdf [Accessed 12.02.2025]. (in Russian)

10. Kuznetsova N.V., Vorobeva N.A. (2016) Clustering of economy: experience of foreign countries and Russian perspectives. *Economics of Science*, 2 (2), 130–137. [online] Available at: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-99387-1 [Accessed 12.02.2025]. (in Russian)

11. Mindlin Yu. (2024) The experience of forming agro-industrial clusters on the example of China. *Modern Science: actual problems of theory and practice. Series: Economics and Law*, 9, 61–64. DOI: https://doi.org/10.37882/2223-2974.2024.09.24

12. Petrova E.A., Tomashevskaya Yu.N. (2022) Experience in cluster policy implementation in Asia and Latin America. *Regional Economy. South of Russia*, 10 (4), 72–81. DOI: https://doi.org/10.15688/re.volsu.2022.4.7

13. Tomashevskaya Yu.N. (2023) Comparative analysis of cluster policy in Asia countries. *Journal of Wellbeing Technologies*, 49 (2), 86–104. DOI: https://doi.org/10.18799/26584956/2023/2/1577

14. Гриванов Р.И., Шокурова Ю.С. (2018) International practice of creating economic clusters: The PRC experience. *Intellektual'nyi potentsial vuzov – na razvitie Dal'nevostochnogo regiona Rossii i stran ATR* [*Intellectual potential of universities – for the development of the Far Eastern region of Russia and the Asia-Pacific region*], 176–180. [online] Available at: https://portfolio.vvsu.ru/publications/thesis/details/tid/5828/material/2145885698/?ysclid=m758yqjjoi393825721 [Accessed 13.02.2025]. (in Russian)

15. Umarov Kh.S. (2022) Modern technology in South Korea: start-ups, cities, services. *Russian Journal of Innovation Economics*, 12 (3), 1981–2000. DOI: https://doi.org/10.18334/vinec.12.3.116265

16. Khalipov V.D. (2016) Development of innovation clusters: Experience of the Republic of Korea. *Theory and Practice of Social Development*, 3, 76–79. [online] Available at: http://teoria-practica.ru/rus/files/arhiv_zhurnala/2016/3/economics/khalipov.pdf [Accessed 12.02.2025]. (in Russian)

17. Fleisher B., Hu D., McGuire W., Zhang X. (2010) The evolution of an industrial cluster in China. *China Economic Review*, 21 (3), 456–469. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chieco.2010.04.004

18. Frattini F., Prodi G. (2012) Industrial clusters in China: Policy tools for further and more balanced development. *European Review of Industrial Economics and Policy*, 5, hal-03469549. [online] Available at: https://hal.science/hal-03469549/document [Accessed 11.02.2025]

19. Jankowiak A.H. (2017) Cluster-based development: A Chinese cluster policy. *Research Papers of Wrocław University OF Economics. The Development Challenges of Asia-Pacific Countries*, 486, 71–79. DOI: https://doi.org/10.15611/pn.2017.486.06

20. Kenderdine T. (2017) China's Industrial Policy, Strategic Emerging Industries and Space Law. *Asia & The Pacific Policy Studies*, 4 (2), 325–342. DOI: https://doi.org/10.1002/app5.177

21. Kowalski A.M. (2020) Towards an Asian Model of Clusters and Cluster Policy: The Super Cluster Strategy. *Journal of Competitiveness*, 12 (4), 74–90. DOI: https://doi.org/10.7441/joc.2020.04.05

22. Koo Y. (2013) Evolution of Industrial Policies and Economic Growth in Korea: Challenges, Crises and Responses. *European Review of Industrial Economics and Policy*, 7, hal-03470146. [online] Available at: https://hal.science/hal-03470146/document [Accessed 12.02.2025]

23. Kuchiki A. (2005) Theory of a Flowchart Approach to Industrial Cluster Policy. [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/5141200_Theory_of_a_Flowchart_Approach_to_Industrial_Cluster_Policy [Accessed 11.02.2025]

24. Long C., Zhang X. (2009) Cluster-Based Industrialization in China: Financing and Performance. *IFPRI Discussion Paper*, 199. [online] Available at: https://www.sem.tsinghua.edu.cn/__local/E/20/53/CA792EDC9DB30B6B4AF9B831889_69ACE4D1_8A22F.pdf?e=.pdf [Accessed 13.02.2025]

25. Makhmasobirova N.U., Adizov A.M. (2018) Clusters as main drivers of competitiveness: View from South Korea. *South Asian Journal of Marketing & Management Research* (*SAJMMR*), 8 (12), 4–10. DOI: https://doi.org/ 10.5958/2249-877X.2018.00040.1

26. Novoselova O. (2021) Industrial tourism as a means of "Made in China" reputation improvement. *Journal of Spatial and Organizational Dynamics*, 9 (1), 61–72. [online] Available at: https://www.academia.edu/45657888/INDUSTRIAL_TOURISM_AS_A_MEANS_OF_MADE_IN_CHINA_REPUTATION_IMPROVEMENT [Accessed at 10.02.2025]

27. Pessoa A. (2012) Regional cluster policy: The Asian model vs. the OECD approach. *Munich Personal RePEc Archive* (*MPRA*), 42024. [online] Available at: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/42024/1/MPRA_paper_42024.pdf [Accessed 09.02.2025]

28. Park S.O., Koo Y. (2012) Innovation-driven cluster development strategies in Korea. *European Review of Industrial Economics and Policy*, 5, hal-03636813. [online] Available at: https://hal.science/hal-03636813/document [Accessed 12.02.2025]

29. Sopoligová M., Pavelková D. (2017) Cluster policy in Europe and Asia: A comparison using selected cluster policy characteristics. *Journal of International Studies*, 10 (3), 35–50. DOI: https://doi.org/10.14254/2071-8330.2017/10-3/3

30. Wang H., Fu Y. (2019) A Comparative Study of Industrial Tourism of Cities in China. *Chinese Studies*, 8 (1), 13–26. DOI: https://doi.org/10.4236/chnstd.2019.81002

31. Wedel P. (2003) *Industrial clusters in Thailand*. [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/247158112_Industrial_clusters_in_Thailand [Accessed 11.02.2025]

32. Wonglimpiyarat J. (2006) Strategic management of industrial clusters in Thailand. *Innovation*, 8 (3), 273–287. DOI: https://doi.org/10.5172/impp.2006.8.3.273

33. Country factsheet. Republic of Korea. *European Cluster Collaboration Platform*. [online] Available at: https://www.clustercollaboration.eu/sites/default/files/2023-04/ECCPfactsheet_Korea_2022.pdf [Accessed at 13.02.2025]

34. World Intellectual Property Organization (WIPO) (2024) *Global Innovation Index 2024: Unlocking the Promise of Social Entrepreneurship*. Geneva: WIPO. DOI: https://doi.org/10.34667/tind.50062

35. ILRI (Industrial Location Research Institute) & KICOX (Korea Industrial Complex Corporation) (2015) *Industrial Complex Clusters in Korea: Achievements and Challenges*. Daegu: KICOX. [online] Available at: https://kicox.or.kr/component/file/ND_fileDownload.do?q_fileSn=125829&q_fileId=1d1f8f35-ae46-4f9b-a452-6e22eabab2b3 [Accessed at 12.02.2025]

36. Kotra (2023) *Industrial Sites in Korea*. Seoul: KOTRA. [online] Available at: https://lib.kotra.or.kr/pyxis-api/1/digital-files/0c266ab0-08db-4dc2-8390-83c3bc1a2c66 [Accessed 13.02.2025]

37. The Industrial Complex. Cluster Program of Korea (2010) *KICOX*. [online] Available at: https://www.clustercollaboration.eu/sites/default/files/international_cooperation/the_industrial_complex_cluster_program_of_korea_2010.compressed.pdf [Accessed at 12.02.2025]

38. Thailand Board of Investment (2015) *Thailand Moving Ahead with Cluster Development*. [online] Available at: https://www.boi.go.th/upload/content/BOI-brochure-cluster%20area-EN-20151116_53354.pdf [Accessed at 11.02.2025]

39. Sriratana B. (2016) Investment Policy in Thailand: Moving up the Value Chain. *6th Asia-Pacific FDI Network Meeting*. [online] Available at: https://www.unescap.org/sites/default/d8files/10.%20BOI%20-%206th%20Meeting%20-%20Final.pdf [Accessed at 11.02.2025]

40. Anuroj B. (2018) *Thailand 4.0 – a new value-based economy*. [online] Available at: https://www.boi.go.th/upload/content/Thailand,%20Taking%20off%20to%20new%20heights%20@%20belgium_5ab4e8042850e.pdf [Accessed at 13.02.2025]

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

КУЧУМОВ Артур Викторович
E-mail: arturspb1@yandex.ru
Artur V. KUCHUMOV
E-mail: arturspb1@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8819-2291

ЕРЕМИЧЕВА Полина Юрьевна
E-mail: eremicheva2000@outlook.com
Polina Yu. EREMICHEVA
E-mail: eremicheva2000@outlook.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-0127-3838

Поступила: 21.02.2025; Одобрена: 24.03.2025; Принята: 24.03.2025.
Submitted: 21.02.2025; Approved: 24.03.2025; Accepted: 24.03.2025.

π-Economy. 2025, Том 18, № 2. С. 121–133.
π-Economy. 2025, Vol. 18, No. 2. Pp. 121–133.

Экономика и менеджмент предприятий и комплексов

Economy and management of enterprise and complexes

Научная статья
УДК 658
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18207
EDN: https://elibrary/MVSHQI

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНДЕКСА ДЕЛОВОЙ АКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ СРЕДЫ

В.В. Глухов ✉ **, М.В. Коломысова**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ office.vicerector.me@spbstu.ru

Аннотация. Представлен обзор используемых индексов деловой активности, даны методики их расчета, представлена обобщенная методика расчета сводного индекса деловой активности, показана роль деловой активности в качестве индикатора развития экономических систем, систематизированы показатели оценки деловой активности применительно к специфике предпринимательской деятельности. Раскрывается понятие «деловая активность», предлагается методика расчета индексов деловой активности промышленных предприятий. В работе выявлены особенности, характеризующие современное состояния инструментария оценки уровня деловой активности промышленного предприятия, показан методический опыт развитых стран и Российской Федерации, приводятся количественные значения индекса деловой активности. Предлагаемая методика оценки индекса деловой активности предприятия формируется как расчет совокупности качественных и количественных показателей. При этом учитываются направления деятельности организации и предлагается обобщающая характеристика ее деятельности, выделяются направления применения индекса деловой активности в управленческих стратегических решениях. Описываются элементы методики: выбор состава показателей, алгоритм расчета сводного индекса предприятий, алгоритм расчета индекса деловой активности группы предприятий, интерпретация результатов. Система предлагаемых индексов позволяет анализировать и сравнивать экономические показатели разных периодов, определять тренды, прогнозировать дальнейшее развитие рынка и является важным инструментом при разработке бизнес-планов, помогая бизнесу, инвесторам принимать решения на основе объективных данных о состоянии экономики. Авторами систематизированы показатели оценки деловой активности применительно к специфике предпринимательской деятельности, разработаны алгоритмы расчета количественного и диффузионного сводного индекса деловой активности предприятия, показана связь предпринимательской ситуации, оцениваемой индексами деловой активности, и рекомендуемых управленческих решений. Разработанная методика оценки индекса деловой активности предприятия может развиваться в рамках применения высшим менеджментом отраслевых и региональных ассоциаций промышленников и предпринимателей. Этот инструмент позволяет обоснованно характеризовать итоги деятельности предприятий – членов ассоциаций, выбирать при необходимости формы поддержки их коммерческой деятельности, лоббировать их интересы перед органами власти.

Ключевые слова: индекс деловой активности, индекс PMI, деловая среда, предприятие

Для цитирования: Глухов В.В., Коломысова М.В. (2025) Методика оценки индекса деловой активности предприятия на основе анализа предпринимательской среды. π-Economy, 18 (2), 121–133. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18207

© Глухов В.В., Коломысова М.В., 2025. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18207

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE BUSINESS ACTIVITY INDEX OF ENTERPRISES BASED ON ANALYSIS OF BUSINESS ENVIRONMENT

V.V. Glukhov ✉ **, M.V. Kolomysova**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation

✉ office.vicerector.me@spbstu.ru

Abstract. An overview of common business activity indices is presented, methods for their calculation are given, a generalized method for calculating the consolidated business activity index is presented, the role of business activity as an indicator of economic system development is shown; indicators for assessing business activity are systematized in relation to the specifics of entrepreneurial activity. The concept of business activity is defined, a method for calculating business activity indices of industrial enterprises is proposed. The work identifies the characteristic features of the existing framework for assessing the level of business activity of an industrial enterprise, discusses the methodological experience of developed countries and the Russian Federation, and provides quantitative values of the business activity index. The proposed method for assessing the business activity index of enterprises is constructed by calculating a set of qualitative and quantitative indicators. The directions of the enterprise's activities are taken into account and a generalized characteristic of these activities is proposed, areas of application of the business activity index in managerial strategic decisions are detected. The elements of the methodology are described: the choice of the composition of indicators, the algorithm for calculating the consolidated index of enterprises, the algorithm for calculating the business activity index of a group of enterprises; interpretation of the results. The system of proposed indices allows to analyze and compare economic indicators of different periods, to determine trends and to forecast further development of the market, providing an important tool for developing business plans, helping business and investors to make decisions based on objective data on the economic situation. The authors systematized the indicators of business activity assessment with respect to the specifics of entrepreneurial activity; developed algorithms for calculating the quantitative and diffusion aggregate index of business activity of the enterprise; the relationship between the entrepreneurial situation assessed by business activity indices and recommended management decisions is shown. The developed methodology for assessing the index of business activity of the enterprise can be developed within the scope of application by top management of industrial and regional associations of manufacturers and entrepreneurs. The framework developed allows to reasonably characterize the results of the activities of enterprises that are members of associations, choose the necessary forms of support for their commercial activities, lobby their interests before government bodies.

Keywords: business activity index, PMI index, business environment, enterprise

Citation: Glukhov V.V., Kolomysova M.V. (2025) Methodology for assessing the business activity index of an enterprise based on the analysis of the business environment. π-Economy, 18 (2), 121–133. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18207

Введение

Важнейшей задачей менеджмента предприятий является прогноз предпринимательской ситуации. Четкое представление о тенденциях, складывающихся во внешней и внутренней среде предприятия, позволяет формировать эффективную стратегию, своевременно принимать корректирующие решения, обновлять технологию, расширять ассортимент продукции. В условиях ускоряющейся динамики экономической среды предприятиям становится сложнее предсказать изменения, поэтому все более актуальными оказываются методы своевременного прогноза предпринимательского климата.

© Glukhov V.V., Kolomysova M.V., 2025. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

В качестве индикаторов (сигналов) возможных изменений можно использовать различные макро- и микроэкономические показатели, но в практической деятельности нашли широкое применение индексы деловой активности. Первоначально они были введены как оценки ожидаемых изменений в сфере продажи продукции, но очень быстро стали применяться на всех уровнях экономики (страны, региона, отрасли) и для различных предприятий (промышленных, финансовых, сферы услуг и др.).

Показатель, построенный в виде индекса, иллюстрирует относительное изменение в сравнении с его уровнем за предшествующий период или в сравнении с аналогом. Основная цель применения индексного метода – исследование тенденций изменения экономических показателей в динамике, сравнение их фактических уровней с запланированными или базисными, прогноз на их основе макроэкономических изменений, оценка изменений под воздействием управленческих решений.

Индивидуальный индекс характеризует изменение отдельного признака, сводный – это обобщенная характеристика нескольких признаков.

Актуальность

Широко применяется расчет индексов для характеристики курсов валют, капитала предприятий, цен товаров, потребительского спроса, оплаты труда, благосостояния. Наиболее известны фондовые индексы Доу–Джонса, DAX, РТС (характеристика фондовой биржи). Одними из первых (с сентября 1993 г.) на российском рынке появились индексы «AK&M»: сводный, промышленный и финансовый. Для характеристики предпринимательского климата используют индексы потребительских настроений, покупательной способности населения, непрозрачности, экономической свободы, конкурентоспособности страны и эффективности правительства, человеческого развития и др.

Анализ изменения индекса деловой активности предприятия в литературе и в практической деятельности пока проработан недостаточно, требуются его детализация и увязка с показателями эффективности и конкурентоспособности, динамичности развития, эффективности использования экономического потенциала, а также с рекомендациями по выработке последующих стратегических управленческих решений.

Литературный обзор

Вопросами построения агрегированных экономических показателей, занимались многие отечественные и зарубежные ученые: Д.А. Аакер, Г.В. Амбросьев, А.А. Адамов, Н. Айзенберг, Г.Д. Гребнев, Э. Дж. Долан, Э.Б. Ершов, П. Кевеш, Н.С. Казинец, А.А. Конюс, Г.В. Крыксин, К.Д. Кэмпбелл, А.А. Марков, М.С, Матыцин, О.В. Мясникова, С.М. Никитин, В.В. Новожилов, Н.С. Рогожина, З.В. Солонина, Н.С. Четвериков, И. Фишер и др.

При одном подходе деловая активность характеризуется как увеличение объема продаж и расширение рынков сбыта, при другом – это оценка эффективности предприятия в целом [2, 11]. В иной трактовке деловая активность организации – это способность к достижению экономического роста, прибыльности и финансовой устойчивости, конкурентной устойчивости, рациональной организации и управления, а также эффективного использования материально-технических, трудовых, финансовых, технологических и информационных и ресурсов [3].

В работе В.В. Бочарева, например, деловую активность предприятия предлагается измерять с помощью качественных критериев (широты рынков сбыта, деловой репутации предприятия, его конкурентоспособности, наличия постоянных поставщиков и покупателей готовой продукции) и количественных критериев (объема продаж готовой продукции и услуг, прибыли, величины авансированного капитала, эффективности использования ресурсов предприятия) [5]. Г.В. Савицкая предложила оценивать деловую активность предприятия на основании финансовых

показателей его деятельности: рентабельности совокупных активов, рентабельности собственного капитала, эффективности использования заемных средств, коэффициента оборачиваемости авансированного капитала, коэффициента оборачиваемости оборотного капитала, продолжительности оборота оборотного капитала[1]. В работах Г.В. Амбросьева показаны особенности оценки деловой активности банков и банковской деятельности, на основе диффузионных индексов разработана методика мониторинга деловой активности банков и банковской системы [25, 26]. Предложенный сотрудниками Института экономики РАН индекс деловой активности по базовым сферам экономики учитывает ряд макроэкономических показателей, характеризующих социально значимые сферы экономики – платные услуги населению, внешнеторговый оборот [6, 9, 27]. Г.Д. Гребнев в своих работах на основе процессного подхода показал взаимосвязь показателей деловой активности и финансового состояния, осуществил группировку показателей деловой активности с учетом их роли в экономическом анализе [1]. В работе А.М. Кремерова выделены компоненты деловой активности: производственная, инновационная, инвестиционная, финансовая, трудовая, интеллектуальная и маркетинговая, а также предложена модель многоуровневого описания деловой активности в виде индексов роста и развития [28].

Научные взгляды многих экономистов сегодня сходятся в том, что именно деловая активность хозяйствующего субъекта выражает рациональное и эффективное использование ресурсов организации, характеризует достаточность его активов, качество менеджмента и в целом предопределяет потенциал развития бизнеса[2] [1, 20].

Цели работы – раскрыть понятие «деловая активность», разработать методику расчета индексов деловой активности промышленных предприятий.

В методических разработках и в практической работе отсутствует единый подход к оценке деловой активности. Это влечет необходимость систематизации подходов и увязки методов расчета со спецификой рассматриваемых объектов оценки. Проводимые в последнее время исследования ориентированы на детализацию показателей, учитываемых при расчете индекса деловой активности по областям деятельности, отраслевой принадлежности и типу предприятий.

Деловая активность предприятия проявляется в динамике развития, эффективности использования капитала, эффективном управлении ресурсами предприятия. В финансовом аспекте деловая активность отражается в скорости оборота средств.

Основные задачи исследования:

1) сформулировать последовательность расчета индекса деловой активности предприятия;

2) систематизировать показатели оценки деловой активности применительно к специфике предпринимательской деятельности;

3) разработать алгоритмы расчета количественного и диффузионного сводного индекса деловой активности предприятия;

4) представить связь предпринимательской ситуации, оцениваемой индексами деловой активности, и рекомендуемых управленческих решений.

Методология исследования

Методология расчета индексов предусматривает несколько этапов:

– изучение опыта мониторинга соответствующего объекта;
– выбор состава показателей;
– разработку алгоритма расчета сводного индекса предприятий;
– разработку алгоритма расчета индекса деловой активности группы предприятий;
– интерпретацию результатов.

[1] Савицкая Г. В. (2006) *Анализ хозяйственной деятельности предприятий АПК*, учеб. пособие, 6-е изд., стер., Минск: Новое знание, 2006.

[2] Жилкина А.Н. (2020) *Финансовый анализ*, учебник и практикум для вузов, М.: Юрайт. [online] Available at: http://biblio-online.ru/bcode/450070 [Accessed 28.04.2025]. (in Russian).

Существует два методических подхода при расчете индексов:

– статистический метод, основанный на объективных экономических показателях;

– опросный метод, учитывающий субъективные оценки экспертов (они называются диффузионными, так как отражают мнение самих участников экономических процессов).

Если разделить экономические индикаторы на опережающие и запаздывающие, то статистические индикаторы деловой активности являются запаздывающими (они отражают сложившуюся тенденцию в предшествующий период), а диффузионные – опережающими (они отражают предполагаемую тенденцию). Полноценный анализ тенденций осуществляется с совместным использованием этих групп индикаторов.

При статических оценках выделяют специальные индексы, базирующиеся на сравнении абсолютных и стоимостных величин в сравниваемых периодах. Это индексы Уолша, Фишера, Эджворта, Лайсперса, Сато–Вартия, Тернквиста, Пааше и др.[3] [12–14, 17] Они достаточно детально проработаны и на их основе вычисляют абсолютные и относительные показатели:

– реализации;

– прибыльности;

– оборачиваемости активов;

– ликвидности;

– рентабельности;

– производительности труда и др.

При оценке тенденции изменения индексов выделяют следующие методы[4] [4]:

отраслевой анализ – сравнение показателей компании с показателями конкурентов, средними общеэкономическими и общеотраслевыми;

горизонтальный анализ – сравнение текущих показателей с показателями, полученными за предыдущие периоды, для выявления динамики их изменения;

структурный анализ – выделение структуры в интегральных показателях и оценка влияния отдельных позиций отчетности на интегральный результат;

трендовый анализ – определение тенденции изменения показателя без учета случайных влияний;

факторный анализ – оценка влияния отдельных факторов на конечный показатель.

Например, при горизонтальном анализе индекс деловой активности r_i вычисляется как сопоставление значений показателей V_i в смежных периодах:

$$r_i = V_i(t+1)/V_i(t).$$

Если выделить абсолютное значение показателя и цену за единицу, то будем иметь:

$$r_i = \left(\text{ц}_i(t+1)V_i(t+1)\right)/\left(\text{ц}_i(t)V_i(t)\right).$$

При факторном анализе величины $r_i(a_j)$, $\text{ц}_i(a_j)$ и $V_i(a_j)$ рассматриваются как функции различных признаков a_j.

Для расчета сводного количественного индекса деловой активности предлагается следующая схема расчета:

$$F = (\text{доля позитивных } r_i) + 0{,}5\ (\text{доля нейтральных } r_i) + \\ + 0\ (\text{доля отрицательных } r_i).$$

[3] Шеремет А.Д., Сайфулин Р.С., Негашев Е.В. (2002) *Методика финансового анализа*. М.: ИНФРА-М.

[4] Анискин Ю.П., Сергеев А.Ф., Ревякина М.А. (2005) *Финансовая активность и стоимость компании*, М.: Омега-Л.

Результаты и обсуждение

Для характеристики деятельности предприятия и выработки необходимых стратегических решений локальной оценки r_i недостаточно. Требуется ее сопоставление с аналогичными оценками других предприятий и изменением макроэкономических показателей (сравнивая тенденции и тренды). Интерпретация r_i в такой системе оценок позволит получить правильную интерпретацию ситуации, а следовательно, и выработать оптимальные управленские решения. Если показатели предприятия превышают среднеотраслевые данные – организация активно развивается, имеет конкурентные преимущества, эффективно использует имеющиеся ресурсы. Если прирост показателей деловой активности находится на уровне среднеотраслевых значений – организация готовится к расширению рынка сбыта или снижает темпы своей активности. При показателях предприятия ниже среднеотраслевых значений – возникает риск потери финансовой устойчивости [7].

Однако в практическом анализе при оценке индекса деловой активности используют опросный экспертный метод, где оценка – это специальные показатели, характеризующие изменение состояния и складывающиеся условия для экономики предприятия. Соответствующая совокупность индексов рассчитывается и анализируется применительно к национальному, региональному, отраслевому уровням, а также отдельным предприятиям и организациям. Высокая (относительная) оценка деловой активности означает рост бизнеса, низкая – регресс.

В развитых странах мониторинг деловой активности проводится правительственными органами, центральными и инвестиционными банками, ассоциациями, школами бизнеса, исследовательскими центрами. В США, Германии, Великобритании, Франции, Швейцарии, Японии, России регулярно проводится мониторинг деловой активности на национальном уровне, на уровне отраслей, секторов, регионов и предприятий.

При детализации по функциональным областям деятельности предприятия, можно выделить [7, 16, 18, 19]:

– промышленный индекс;
– торговый индекс;
– финансовый индекс;
– индекс ресурсной базы;
– потребительский индекс.

Первым в мире разработанным индексом деловой активности был индекс ISM (создан в 1931 г. во времена Великой депрессии, когда важно было получать всеобъемлющую и своевременную экономическую информацию). Индекс ISM характеризует изменения в промышленности и в сфере услуг. В настоящее время анкеты получают более 400 компаний – членов ассоциации из 20 отраслей промышленности. Для расчета индекса используют показатели – характеристики заказов, продукции, материально-технических запасов, занятости, цен на экспорт и импорт. Индекс ISM публикуется в первый рабочий день каждого месяца[5].

Индексы оценки деловой активности применяются во всех развитых странах: в Японии – TANKAN (ежеквартально публикуется банком Японии, отражает состояние крупной промышленности через показатели: заказы, продукция, занятость, материально-производственные запасы, цены на экспорт и импорт); в Германии в 1949 г. появился индекс IFO; в Великобритании – PMI (Purchase Management Index) (с 1991 г.), Китае – PMI Caixin (с 2009 г.); с 2007 г. рассчитывается PMI для Еврозоны; в России – «Индекс предпринимательской уверенности» (публикуется Росстатом) [21–23].

В работе А.А. Френкеля, Я.В. Сергиенко, О.Н Матвеева предложен индекс ИЭ РАН, который учитывает частные макропоказатели: 9 базовых сфер экономики (промышленное,

[5] Афанасьева Ю. (2021) *Индекс деловой активности PMI – что это такое и почему он нужен инвестору*. [online] Available at: https://www.finam.ru/publications/item/indeks-delovoiy-aktivnosti-pmi-chto-eto-takoe-i-pochemu-on-nuzhen-investoru-20210326-18070/ [Accessed 30.01.2025]. (in Russian).

сельскохозяйственное и строительное производство, грузовой и пассажирский транспорт, оптовая, розничная и внешняя торговля, платные услуги населению) и денежный агрегат М2 (наличные деньги в обращении, а также остатки на текущих и депозитных счетах у физических и юридических лиц в банках) [6].

При оценке индекса деловой активности в разных странах используют отличающийся набор показателей.

В зарубежной практике при оценке деловой активности на национальном уровне наибольшую популярность приобрел PMI – индекс ожиданий менеджеров по закупкам. Он рассчитывается компанией IHS Markit по более чем 40 странам, включая Россию, для обрабатывающей промышленности, сферы услуг и как сводный по экономике страны. В составе индекса учитываются показатели, характеризующие новые заказы, объем производства, занятость, поставку комплектующих, имеющиеся запасы, запасы у клиентов, цены, отставание по заказам, новые экспортные заказы, импорт[6] [24, 25].

Американский индекс деловой активности вычисляется как сумма пяти факторов:

30 % (заказы) + 25 % (производство) + 20 % (занятость) +
+ 15 % (поставки) +10 % (складские запасы).

В России индексы типа PMI пока не рассматриваются как общепризнанные и регулярно рассчитываемые индикаторы. Однако различными ведомствами рассчитываются несколько индексов, характеризующих предпринимательскую среду: индекс предпринимательской уверенности (Росстат, 10 отраслей, 3–4 тыс. компаний), индикатор бизнес-климата (Банк России), индекс деловой активности АМ-Ъ (Ассоциация менеджеров, 26 макропоказателей, 17 оценочных показателей), конъюнктурный индекс «Финанс» (Росстат), индекс предпринимательских ожиданий (Российский экономический барометр), индекс деловой среды («Деловая Россия», 6 частных индексов), индекс деловой активности (исследовательская группа NTC Research) [7].

Индекс деловой активности рассчитывается на основании 26 официальных отраслевых показателей и 17 оценочных показателей, полученных опросом ведущих предприятий РФ. Значение индекса на 1 января 2001 г. принято за 100. В структуре сводного индекса выделяют локальные индексы: промышленный, торговый, финансовый, ресурсной базы, потребительский, предпринимательских оценок и ожиданий [8].

Темпы роста деловой активности в РФ во второй половине 2024 г. были высокими. PMI обрабатывающих отраслей России в январе 2025 г. вырос до 53,1 пункта. Это вызвано улучшением спроса, ростом числа заказов, повышением численности рабочей силы, уменьшением задержек в логистике и транспортировке[7].

Корпорация малого и среднего бизнеса рассчитывает индекс деловой активности субъектов малого и среднего бизнеса. Однако более представительный расчет индексов деловой активности проводится ежемесячно Российским союзом промышленников и предпринимателей. Его структура и состав используемых показателей наиболее предпочтительны для использования в региональных и отраслевых ассоциациях (союзах) предпринимателей для оценки предпринимательской активности предприятий – участников ассоциаций.

Методика расчета индекса деловой активности включает следующие этапы:

– определение объекта оценивания (предприятие, регион, сектор экономики, отрасль и др.);
– выбор состава показателей, характеризующих индекс;
– выбор состава экспертов;

[6] Жилкина А.Н. (2020) *Финансовый анализ*, учебник и практикум для вузов, М.: Юрайт. [online] Available at: http://biblio-online.ru/bcode/450070 [Accessed 28.04.2025]. (in Russian).
[7] НТВ (2025) *S&P: деловая активность в обрабатывающих отраслях России уверенно растет*. [online] Available at: https://www.ntv.ru/novosti/2876269/ [Accessed 28.04.2025]. (in Russian).

– формулирование алгоритма расчета индекса;

– построение матрицы управленческих рекомендаций (в зависимости от значения индекса).

Отбираемая в состав индекса система показателей должна отвечать следующим условиям: объективности, оперативности, сопоставимости, полноте.

Индекс деловой активности представляет собой комплексный показатель, который измеряет уровень и темпы развития деловой активности в определенных отрасли, регионе, стране. Индекс основывается на данных, полученных из опросов предпринимателей, и представляет собой суммарный показатель, учитывающий многие факторы.

Совокупность показателей, принимаемых для расчета сводного индекса деловой активности, можно систематизировать по группам:

– *среда потребления*: индекс цен, индекс спроса, индекс уровня конкуренции, индекс B2B, индекс новых экспортных заказов, индекс новых импортных заказов, индекс неисполненных заказов;

– *производство*: индекс загрузки мощностей, индекс новизны технологии, индекс технологической независимости;

– *логистика*: индекс выполнения обязательств контрагентами, индекс сроков выполнения текущих заказов, индекс соблюдения времени доставки, индекс уровня имеющихся складских запасов, индекс уровня складских запасов у потребителей;

– *коммуникации*: индекс отношений с органами власти, индекс отношений с банками и финансовыми институтами, индекс отношений с поставщиками, индекс отношений с зарубежными партнерами;

– *финансовый рынок*: индекс фондового рынка, индекс валютного рынка, индекс финансового положения компании;

– *инвестиционный климат*: индекс инвестиционной активности, индекс новизны инвестиционных программ, индекс соблюдения графика выполнения инвестиционных программ, индекс значимости затрат на инвестиции;

– *кадровая структура*: индекс динамики кадров, индекс квалификации кадров, индекс организационного поведения;

– *социальная поддержка*: индекс обеспеченности обучения персонала, индекс санаторно-курортной поддержки, индекс обеспеченности детскими садами, индекс обеспеченности жилищными программами, индекс обеспеченности дополнительными отпусками, индекс обеспеченности спортивными услугами.

Это избыточный набор показателей, который может сжиматься при оценке конкретного объекта.

Алгоритм расчета сводного индекса R предусматривает:

– на первом этапе расчет среднего значения индивидуального индекса для отдельного показателя (по экспертам):

$$r_{ij} = \sum\nolimits_k \cdot r_{ij}^k \Big/ N \quad \text{или} \quad r_{ij} = \sum\nolimits_k \cdot f_k r_{ij}^k \Big/ \sum\nolimits_k \cdot f_k ,$$

где r_{ij} – i-й индекс j-й группы, объявленный k-м экспертом, N – число привлеченных экспертов; f_k – весовой коэффициент значимости k-го эксперта;

– на втором этапе вычисляется индекс группы d_j:

$$d_j = \sum\nolimits_i \cdot a_{ij} r_{ij} \Big/ \sum\nolimits_i \cdot a_{ij} ,$$

где a_{ij} – весовой коэффициент значимости i-го показателя для интегральной оценки j-й группы;

– на третьем этапе вычисляется сводный индекс R:

$$R = \sum_j \cdot b_j d_j \Big/ \sum_j \cdot b_j ,$$

где b_j – весовой коэффициент значимости j-й группы.

Вычисление показателей r_{ij}^k индивидуальных индексов r_{ij} и групповых индексов d_j происходит в виде арифметической суммы.

Расчет индивидуальных индексов производится на базе опроса предпринимателей и вычисляется по соотношению:

$$r_{ij} = (\text{доля позитивных ответов}) + 0{,}5\ (\text{доля нейтральных ответов}) + \\ + 0\ (\text{доля отрицательных ответов}).$$

Пороговым значением оценки r_{ij} является величина 0,5. Если r_{ij} больше 0,5 – характеристика ситуации признается предпочтительной, если меньше 0,5 – неудовлетворительной (настораживающей).

При детализации пороговых уровней можно формулировать более детализированные управленческие рекомендации. Например, анализируя динамику показателей PMI, инвестор и менеджмент предприятия могут построить стратегию своих будущих действий:

– менее 50 % – снижение производства (необходимо начать стимулировать рост);
– более 50 % – рост производства;
– более 60 % – отличный показатель роста.

Для объединения количественного и диффузионного индексов деловой активности предлагается следующая схема расчета интегрального индекса деловой активности:

$$\text{И} = \left(F + R\right)\Big/2,$$

где F и R, соответственно, количественный и диффузионный индексы деловой активности предприятия.

Имея индекс деловой активности предприятий, можно перейти к расчету соответствующего индекса для группы предприятий (членов бизнес-ассоциации, подотрасли, региона):

$$H = \sum_n \cdot f_n \cdot P_n; \quad f_n = P_n \Big/ \sum_n \cdot P_n ,$$

где H – интегральной индекс деловой активности отобранной совокупности предприятий; P_n – индекс деловой активности n-го предприятия из отобранной совокупности; f_n – коэффициент значимости n-го предприятия; P_n – реализация n-го предприятия.

По итогам августа 2023 г. самое высокое значение сводного индекса PMI имело место в Индии (60,9 баллов), у России и Сингапура были второе и третье значения (54,7 им 54,2). В ноябре 2024 г. индекс PMI для России составил 52,6. Только 14 стран имели за 2023 г. значение PMI выше 50 баллов – признак экономического роста.

Повышение деловой активности должно осуществляться в целях обеспечения экономического роста и социального прогресса. Для решения проблем социального развития (улучшения качества и продолжительности жизни, роста реальных доходов, занятости населения и снижения инфляции), а также для обеспечения устойчивого экономического развития приоритетных отраслей и производств реального сектора и территорий опережающего развития необходимы государственные и корпоративные меры поддержки [10, 11].

Система индексов позволяет анализировать и сравнивать экономические показатели разных периодов, определять тренды, прогнозировать дальнейшее развитие рынка и является важным инструментом при разработке бизнес-планов, помогая бизнесу, инвесторам принимать

решения на основе объективных данных о состоянии экономики. Все это дает детальное представление о складывающихся тенденциях в секторах экономики страны. При этом оценивается абсолютное значение индексов, их изменение во времени, сопоставление индексами различных уровней экономики и различных предприятий. При экономическом анализе предпринимательской ситуации индекс деловой активности рассматривается в совокупности с макроэкономическими показателями: валовым внутренним продуктом (общее состояние экономики), инфляцией (тенденция изменения ключевой кредитной ставки), рынком труда (уровень занятости, зарплат и спроса на рабочую силу).

В системе координат макроэкономических показателей (Э) и индекса деловой активности предприятия (И) можно рассматривать следующие ситуации:

Э – рост, И – рост – действующая стратегия успешна;

Э – рост, И – снижение – требуется изменение стратегии деятельности оцениваемого объекта;

Э – снижение, И – рост – требуется наращивание преимуществ предприятия;

Э – снижение, И – снижение – имеет место общая стагнация, идет период «выживания».

Правильное использование индекса деловой активности способствует эффективному развитию предприятий. Конкретные управленческие решения, ориентированные на повышение индекса деловой активности предприятия:

– анализ рыночных тенденций и адаптация к изменениям;
– повышение репутации компании;
– сокращение времени цикла производства;
– повышение качества продукции;
– сокращение излишних запасов;
– сокращение дебиторской задолженности;
– улучшение коммуникаций с клиентами и поставщиками;
– оптимизация бизнес-процессов;
– повышение профессиональных навыков и эффективности работы персонала.

Заключение

1. Сформулирована методология расчета индекса деловой активности предприятия.
2. Показана роль деловой активности в качестве индикатора развития экономических систем.
3. Систематизированы показатели оценки деловой активности применительно к специфике предпринимательской деятельности.
4. Разработаны алгоритмы расчета количественного и диффузионного сводного индекса деловой активности предприятия.
5. Показана связь предпринимательской ситуации, оцениваемой индексами деловой активности, и рекомендуемых управленческих решений.

Внедрение системы мониторинга и оценки показателей деловой активности является важным шагом в стратегии повышения эффективности управленческих решений на предприятии.

Направления дальнейших исследований

Разработанная методика оценки индекса деловой активности предприятия может развиваться в рамках применения менеджментом отраслевых и региональных ассоциаций промышленников и предпринимателей. Этот инструмент позволяет обоснованно характеризовать итоги деятельности предприятий – членов ассоциаций, выбирать при необходимости формы поддержки их коммерческой деятельности, лоббировать их интересы перед органами власти.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гребнев Г.Д. (2003) Анализ показателей налоговой нагрузки на примере промышленного предприятия Оренбургской области. В книге: *Материалы научно-практической конференции* (под общ. ред. В.А. Бондаренко), Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2003. 243–245.

2. Борщева А.В., Хайк М. (2018) Эффективные технологии анализа деловой активности и рентабельности организации. *Бизнес и дизайн ревю*, 3, 5.

3. Сусленникова М.А. (2017) Методика комплексной оценки деловой активности организации. *Бизнес и общество*, 2 (14).

4. Круглова Г.В, Мамрукова О.И. (2016) Оценка и обзор методик анализа деловой активности и экономической эффективности деятельности организации. *Вестник Международного института экономики и права*, 4, 14–24.

5. Бочарев В.В. (2005) *Комплексный финансовый анализ*, СПб.: Питер, 172–176.

6. Френкель А.А., Сергиенко Я.В., Матвеева О.Н. (2017) Построение индекса деловой активности по базовым сферам экономики. *Научный вестник ИЭП им. Гайдара.ru*, 2 (108), 38–43.

7. Щербина Л.Ю., Пересько Ю.А. (2016) Обзор методик по оценке индексов деловой активности. *Вопросы экономики и управления*, 3 (5), 52–55. [online] Available at: https://moluch.ru/th/5/archive/31/958 [Accessed 30.01.2025]. (in Russian)

8. Давыдова Л.В., Афанасьева М.В. (2011) Сравнительный анализ деловой активности в мировой экономической системе. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика*, 17 (1–1 (96)), 88–94.

9. Френкель А.А., Тихомиров Б.И., Сергиенко Я.В., Сурков А.А. (2021) Интегральный индекс деловой активности. Методика построения. *Экономическая наука современной России*, 4, 78–88. DOI: https://doi.org/10.33293/1609-1442-2021-4(95)-78-88

10. Якимкин В.Н. (2007) *Фундаментальный анализ*, М.: Омега-Л.

11. Френкель А.А., Тихомиров Б.И., Сергиенко Я.В., Сурков А.А. (2020) Деловая активность и экономический рост: статистическое исследование. *Вопросы статистики*. 27 (6), 66–78. DOI: https://doi.org/10.34023/2313-6383-2020-27-6-66-78

12. Сафиулин М.Р., Ельшин Л.А., Шакирова А.И. (2011) Оценка деловой и экономической активности как инструмент краткосрочного прогнозирования. *Экономика и управление*, 9, 81–89.

13. Евдовицкий Д.А. Лубков В.А., Сасин Ю.Е. (2006) Система показателей деловой активности хозяйствующего субъекта. *Экономический анализ: теория и практика*, 5 (17), 2–12.

14. Морозова, М.Г., Алексеева Н.Г. (2022) Основные направления повышения деловой активности предприятия. *Дневник науки*, 3 (63).

15. Глисин Ф.Ф. (2004) Использование конъюнктурных опросов в исследованиях деловой активности предприятий и организаций. *Биржевое обозрение*, 5 (7), 39–41.

16. Фатхуллина А.А. (2014) Деловая активность как многоуровневая категория. *Актуальные проблемы экономики и права*, 1 (29), 166–172.

17. Шеремет А.Д., Негашев Е.В. (2024) *Методика финансового анализа деятельности коммерческих организаций*, М.: ИНФРА-М.

18. Миляев А.В. (2023) Оцениваем деловую активность компании в три этапа. *Планово-экономический отдел*, 12.

19. Гребенюк Л.Н., Конорева Т.В. (2015) Системный подход к анализу и оценке деловой активности компании: методика и практика. *Современные проблемы науки и образования*, 1–2.

20. Путятина Л.М., Барсова Т.Н., Тарасова Н.В. (2016) Деловая активность предприятий как фактор экономического роста промышленности России. *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика*, 2, 122–126. DOI: https://doi.org/10.18384/2310-6646-2016-2-122-126

21. Айрапетян Д.Д. (2017) Особенности оценки деловой активности в организациях пищевой промышленности. *Науковедение*, 9 (3). [online] Available at: http://naukovedenie.ru/PDF/65EVN317.pdf [Accessed 28.04.2025]. (in Russian)

22. Наумова О.А. (2011) Показатели финансовых результатов организации в анализе ее деловой активности. *Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета*, 5, 142–145.

23. Левченко А.С., Рудычев А.А., Кузнецова И.А., Лычев А.Ю. (2015) Разработка системы управления деловой активностью предприятия. *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*, 1, 134–141.

24. Левченко А.С., Рудычев А.А, Кузнецова И.А., Лычев А.Ю. (2014) *Оценка и механизм повышения деловой активности хозяйствующего субъекта*, Белгород: Изд-во БГТУ.

25. Амбросьев Г.В. (2011) Мониторинг деловой активности банков. *Сервис в России и за рубежом*, 6 (25).

26. Хотинская Г.И., Амбросьев Г.В. (2010) Методический инструментарий мониторинга деловой активности (макроэкономический аспект). *Сервис plus*, 4, 155–161.

27. Френкель А.А., Тихомиров Б.И., Волкова Н.Н., Сурков А.А. (2019) Оценка влияния реального сектора и непроизводственных сфер на динамику индекса деловой активности. *Финансы: теория и практика*, 23 (2), 117–133. DOI: https://doi.org/10.26794/2587-5671-2019-23-2-117-133

28. Кремеров А.М. (2011) Деловая активность компании в экономической среде. *Организатор производства*, 50 (3), 51–55.

REFERENCES

1. Grebnev G.D. (2003) Analiz pokazateley nalogovoy nagruzki na primere promyshlennogo predpriyatiya Orenburgskoy oblasti [Analysis of tax burden indicators using the example of an industrial enterprise in the Orenburg region]. In: *Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proceedings of the scientific and practical conference] (gen. ed. V.A. Bondarenko), Orenburg: RIK GOU OGU, 243–245.

2. Borshcheva A.V., Hayk M. (2018) Efficient Technologies of Analysis of Business Activity and Profitability of the Organization. *Business and Design Review*, 3, 5.

3. Suslennikova M.A. (2017) Methodology of the Complex Assessment of Business Activity of the Organization. *Biznes i obshchestvo* [Business and society]. 2 (14).

4. Kruglova G.V, Mamrukova O.I. (2016) Evaluation and review of analysis methods of business activity and the economic efficiency of the organization. *Herald of International Institute of Economics and Law*, 4 (25), 14–24.

5. Bocharev V.V. (2005) *Kompleksnyy finansovyy analiz* [Comprehensive financial analysis], St. Petersburg: Piter, 2005, 172–176.

6. Frenkel A.A., Sergiyenko Ya.V., Matveyeva O.N. (2017) Postroyeniye indeksa delovoy aktivnosti po bazovym sferam ekonomiki [Construction of the business activity index for the basic sectors of the economy]. *Nauchnyy vestnik IEP im. Gaydara.ru* [Scientific Bulletin of Gaidar IEP.ru], 2 (108), 38–43.

7. Shcherbina L.Yu., Peresko Yu.A. (2016) Obzor metodik po otsenke indeksov delovoy aktivnosti [Review of Methods for Assessing Business Activity Indices]. *Voprosy ekonomiki i upravleniya* [Economics and Management Issues], 3 (5), 52–55. [online] Available at: https://moluch.ru/th/5/archive/31/958 [Accessed 30.01.2025]. (in Russian)

8. Davydova L.V., Afanasyeva M.V. (2011) Sravnitelnyy analiz delovoy aktivnosti v mirovoy ekonomicheskoy sisteme [Comparative analysis of business activity in the world economic system]. *Belgorod State University. Scientific Bulletin. Series: Economics. Information technologies*, 17 (1–1 (96)), 88–94.

9. Frenkel A.A., Tikhomirov B.I., Sergiyenko Ya.V., Surkov A.A. (2021) The Integral Index of Business Activity: Methods of Constructing. *Economics of Contemporary Russia*, 4, 78–88. DOI: https://10.33293/1609-1442-2021-4(95)-78-88

10. Yakimkin V.N. (2007) *Fundamentalnyy analiz* [Fundamental analysis], Moscow: Omega-L.

11. Frenkel A.A., Tikhomirov B.I., Sergiyenko Ya.V., Surkov A.A. (2020) Business Activity and Economic Growth: An Economic and Statistical Study. *Voprosy statistiki*, 27 (6), 66–78. DOI: https://doi.org/10.34023/2313-6383-2020-27-6-66-78

12. Safiulin M.R., Yelshin L.A., Shakirova A.I. (2011) Otsenka delovoy i ekonomicheskoy aktivnosti kak instrument kratkosrochnogo prognozirovaniya [Assessment of business and economic activity as a tool for short-term forecasting]. *Economics and Management*, 9, 81–89.

13. Yevdovitskiy D.A., Lubkov V.A., Sasin Yu.Ye. (2006) Sistema pokazateley delovoy aktivnosti khozyaystvuyushchego subyekta [System of indicators of business activity of an economic entity]. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 5 (17), 2–12.

14. Morozova M.G., Alekseyeva N.G. (2022) The Main Directions of Increasing the Business Activity. *Dnevnik nauki* [Science Diary], 3 (63).

15. Glisin F.F. (2004) Ispolzovaniye konyunkturnykh oprosov v issledovaniyakh delovoy aktivnosti predpriyatiy i organizatsiy [The use of market surveys in studies of business activity of enterprises and organizations]. *Birzhevoye obozreniye* [Stock Market Review], 5 (7), 39–41.

16. Fatkhullina A.A. (2014) Business Activity as a Multi-Level Category. *Aktualnye problemy ekonomiki i prava*, 1 (29), 166–172.

17. Sheremet A.D., Negashev Ye.V. (2024) *Metodika finansovogo analiza deyatelnosti kommercheskikh organizatsiy* [Methodology of financial analysis of commercial organizations], Moscow: INFRA-M.

18. Milyayev A.V. Otsenivaem delovuyu aktivnost kompanii v tri etapa [We evaluate the company's business activity in three stages]. *Planovo-ekonomicheskiy otdel* [Planning and Economic Department], 12.

19. Grebenyuk L.N., Konoreva T.V. (2015) A Systematic Approach to the Analysis and Evaluation of the Business Activity of the Company: Methodology and Practice. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 1–2.

20. Putyatina L.M., Barsova T.N., Tarasova N.V. (2016) Business Activity of Enterprises as a Factor of Economic Growth of the Russian Industry. *Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Economics*, 2, 122–126. DOI: https://doi.org/10.18384/2310-6646-2016-2-122-126

21. Ayrapetyan D.D. (2017) Business activity valuation in food industry. *Naukovedenie*, 9 (3). [online] Available at: http://naukovedenie.ru/PDF/65EVN317.pdf [Accessed 28.04.2025]. (in Russian)

22. Naumova O.A. (2011) Finance Result Indicators Firms into Business Activity Firm Analise. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo sotsialno-ekonomicheskogo universiteta* [Bulletin of the Saratov State Social and Economic University], 5, 142–145.

23. Levchenko A.S., Rudychev A.A., Kuznetsova I.A., Lychev A.Yu. (2015) Razrabotka sistemy upravleniya delovoy aktivnostyu predpriyatiya [Development of a business activity management system for an enterprise]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova* [Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov], 1, 134–141.

24. Levchenko A.S., Rudychev A.A, Kuznetsova I.A., Lychev A.Yu. (2014) Otsenka i mekhanizm povysheniya delovoy aktivnosti khozyaystvuyushchego subyekta [Assessment and mechanism for increasing business activity of an economic entity], Belgorod: BSTU Publ.

25. Ambrosyev G.V. (2011) Monitoring delovoy aktivnosti bankov [Monitoring of business activity of banks]. *Services in Russia and Abroad*. 6 (25).

26. Khotinskaya G.I., Ambrosyev G.V. (2011) Metodicheskiy instrumentariy monitoringa delovoy aktivnosti (makroekonomicheskiy aspekt) [Methodological tools for monitoring business activity (macroeconomic aspect)]. *Servis plus* [Service plus], 4, 155–161.

27. Frenkel A.A., Tikhomirov B.I., Volkova N.N., Surkov A.A. (2019). Impact Assessment of the Real Sector and Non-Productive Spheres on the Dynamics of the Business Activity Index. *Finance: Theory and Practice*, 23 (2), 117–133. DOI: https://doi.org/10.26794/2587-5671-2019-23-2-117-133

28. Kremerov A.M. (2011) Delovaya aktivnost kompanii v ekonomicheskoy srede [Business activity of the company in the economic environment]. *Organizator proizvodstva* [Production organizer], 50 (3), 51–55.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

ГЛУХОВ Владимир Викторович
E-mail: office.vicerector.me@spbstu.ru
Vladimir V. GLUKHOV
E-mail: office.vicerector.me@spbstu.ru

КОЛОМЫСОВА Мария Владимировна
E-mail: km@spbstu.ru
Mariya V. KOLOMYSOVA
E-mail: km@spbstu.ru

Поступила: 18.02.2025; Одобрена: 27.04.2025; Принята: 28.04.2025.
Submitted: 18.02.2025; Approved: 27.04.2025; Accepted: 28.04.2025.

π-Economy. 2025, Том 18, № 2. С. 134–149.
π-Economy. 2025, Vol. 18, No. 2. Pp. 134–149.

Научная статья
УДК 658.5
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18208
EDN: https://elibrary/NFVEJD

ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ КОРПОРАТИВНЫХ СТРУКТУР В ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ВЫЗОВОВ

С.В. Баушев[1], А.В. Бабкин[2] ✉, И.Н. Волокитина[1], Э.Е. Галеев[1]

[1] Акционерное общество «Северо-западный региональный центр Концерна ВКО „Алмаз-Антей" – Обуховский завод», Санкт-Петербург, Российская Федерация;

[2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ al-vas@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу интеграционных процессов в оборонно-промышленном комплексе (ОПК) России, характеризующих развитие производственно-технологических связей, структурную перестройку, а также взаимодействие оборонных предприятий в ходе формирования и реализации той или иной стратегии консолидации. Актуальность проведения исследований обусловливается необходимостью структурного реформирования ОПК в условиях геополитической напряженности. Устойчивое развитие ОПК связано с решением ряда задач стратегических изменений в структуре производства, выхода интегрированных корпоративных структур (ИКС) в ОПК на новые рынки сбыта гражданской продукции. Выбор стратегии консолидации предприятий ОПК строится на основе учета объективных особенностей различных видов интеграции. В совокупности это должно позволить достичь ключевой цели интеграции, которая заключается в получении синергетического эффекта, выражающегося в повышении эффективности производства, сокращении издержек, ускорении технологического развития и усилении конкурентных позиций на рынке. Целью исследования являются системный анализ и выявление ключевых факторов, детерминирующих стратегии консолидации предприятий ОПК, ориентированных на сочетание производства гражданской и оборонной продукции, что должно способствовать эффективной модернизации ОПК страны за счет обеспечения повышения его инвестиционной привлекательности. Для планирования интеграционных процессов предложена авторская классификация видов ИКС. Обоснованы предпосылки объединения предприятий в жесткие и мягкие формы, определены эффекты интеграции. Новизна научного исследования заключается в формировании комплекса факторов, учитываемых при выборе стратегии консолидации в современных условиях. На основе практического опыта формирования научно-производственного объединения определены реальные риски, возникающие при формировании ИКС. Авторы отмечают, что объединение предприятий в ИКС является востребованной стратегией экономического роста ОПК России в условиях напряженности мировых и национальных рынков. С учетом того, что интеграция является дорогостоящим процессом с высокими рисками, для решения этой проблемы необходимы целевые меры господдержки правительства. В качестве направлений дальнейших исследований интеграционных процессов в ОПК России авторы видят разработку модели оценивания финансовой устойчивости на основе стохастического имитационного моделирования.

Ключевые слова: оборонно-промышленный комплекс, стратегии развития, организация производства, интеграция предприятий, риски формирования интегрированных структур

Для цитирования: Баушев С.В., Бабкин А.В., Волокитина И.Н., Галеев Э.Е. (2025) Формирование интегрированных корпоративных структур в оборонно-промышленном комплексе России в условиях глобальных вызовов. π-Economy, 18 (2), 134–149. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18208

© Баушев С.В., Бабкин А.В., Волокитина И.Н., Галеев Э.Е., 2025. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18208

FORMATION OF INTEGRATED CORPORATE STRUCTURES IN THE MILITARY–INDUSTRIAL COMPLEX OF RUSSIA IN THE CONDITIONS OF GLOBAL CHALLENGES

S.V. Baushev[1], A.V. Babkin[2] ✉, I.N. Volokitina[1], E.E. Galeev[1]

[1] Joint Stock Company "North-Western Regional Center of the Concern VKO "Almaz – Antey" – Obukhov Plant", St. Petersburg, Russian Federation;

[2] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

✉ al-vas@mail.ru

Abstract. The article analyzes the integration processes in the military–industrial complex (MIC) of Russia, characterizing the development of production and technological ties, structural transformation, as well as the interaction of MIC enterprises in the course of formation and implementation of different consolidation strategies. The significance of the study is associated with the need for structural reform of MIC in the context of geopolitical tensions. Sustainable development of MIC can be achieved by introducing strategic changes in the structure of production, with the integrated corporate structures entering new markets for civilian products. The specific consolidation strategy for MIC enterprises is chosen based on the objective features of various types of integration. In general, this should help reach the key objective of integration, which is to achieve the synergistic effect, expressed in increasing production efficiency, reducing costs, accelerating technological development and strengthening competitive positions in the market. The goal of the study is to systematically analyze and identify the key factors that determine the strategy for consolidation of MIC enterprises focused on the combination of civil and defense production, which should contribute to effective modernization of the national MIC by improving its investment attractiveness. A classification of types of integrated corporate structures devised by the authors is proposed to plan integration processes. The prerequisites for combining enterprises in hard and soft forms are substantiated, the effects of integration are determined. The novelty of the study is in the formation of a set of factors taken into account when choosing a consolidation strategy in modern conditions. The practical experience of existing scientific and production associations was used to determine the real risks arising in the formation of integrated corporate structures. The authors note that the association of enterprises in integrated corporate structures is a popular strategy for economic growth of MIC in Russia in the conditions of tension of world and national markets. Given the fact that integration is an expensive process with high risks, targeted government support measures are needed to solve this problem. As the directions for further research into the integration processes in the military–industrial complex of Russia, the authors see the development of a model for assessing financial stability based on stochastic simulation modeling.

Keywords: defense-industrial complex, development strategies, organization of production, integration of enterprises, risks of formation of integrated structures

Citation: Baushev S.V., Babkin A.V., Volokitina I.N., Galeev E.E. (2025) Formation of integrated corporate structures in the defense-industrial complex of Russia in the conditions of global challenges. π-Economy, 18 (2), 134–149. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18208

Введение

Понятие стратегии в российских научных источниках определяется как комплекс долгосрочных целей, методов их достижения и адаптации организации к изменениям внешней среды. Так, в работе [1] стратегия определена как «долгосрочное направление развития организации, учитывающее изменения внешней среды и внутренних ресурсов, направленное на достижение конкурентных преимуществ». Автор [2] рассматривает стратегию как систему взаимосвязанных целей, принципов и методов управления, обеспечивающих устойчивое развитие предприятия

© Baushev S.V., Babkin A.V., Volokitina I.N., Galeev E.E., 2025. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

в долгосрочной перспективе. Соответственно, в [3] стратегию видят как процесс формирования и реализации решений, направленных на оптимальное использование ресурсов для достижения миссии организации в условиях неопределенности. Трактовка стратегии как комплекса управленческих решений, отражающих реакцию организации на вызовы внешней среды и внутренние возможности, а также обеспечивающих ее долгосрочную эффективность, изложена в [4].

В российской научной литературе стратегия консолидации предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) через интегрированные корпоративные структуры (ИКС) рассматривается как ответ на вызовы глобальной конкуренции и технологических санкций. Ее ключевая цель – преодоление структурных проблем отрасли (разрозненность, устаревшие технологии) через создание ИКС, способных реализовывать национальные проекты в сфере обороны. Поэтому стратегия развития ОПК, связанная с интеграцией предприятий в корпоративные структуры, представляет собой системный подход к консолидации ресурсов, технологий и управленческих решений для повышения конкурентоспособности, инновационности и выполнения государственного оборонного заказа (ГОЗ). Такой процесс предполагает создание ИКС, объединяющих предприятия ОПК для достижения синергетического эффекта. В этом плане работа [5] исследует стратегию интеграции ОПК как механизм централизации управления и ресурсов для преодоления фрагментации отрасли, ускорения модернизации и выполнения стратегических госзаказов.

Устойчивое развитие ОПК связано с решением ряда задач стратегических изменений в структуре производства, выхода ИКС в ОПК на новые рынки сбыта гражданской продукции. Выбор стратегии консолидации предприятий ОПК строится на основе учета объективных особенностей различных видов интеграции. В совокупности это должно позволить достичь ключевой цели интеграции – получения синергетического эффекта [6], выражающегося в повышении эффективности производства, сокращении издержек, ускорении технологического развития и усилении конкурентных позиций на рынке.

В нашей стране под ИКС чаще всего понимают [7, 8] объединение организаций (предприятий) различных организационно-правовых форм и сфер деятельности: промышленной, коммерческой, научно-технической, маркетинговой, средств массовой информации и др.

Обобщая разные взгляды на термин «интегрированная корпоративная структура» [7–9], будем под ней понимать систему юридически или хозяйственно самостоятельных предприятий (организаций), осуществляющих совместную деятельность на основе консолидации активов или договорных (контрактных) отношений для достижения общих целей.

Литературный обзор

Научный анализ процессов интеграции промышленных и иных предприятий в консолидированные структуры, по-видимому, имеет такую же историю, как и сами интегрированные структуры. Однако в последние десятилетия, обозначенные термином «глобализация», интерес к вопросам объединения усилий взаимодействующих предприятий увеличился, в том числе повысилось внимание к вопросам оценивания экономического и иных видов эффектов синергии.

Фундаментальный анализ различных сторон развития ИКС в России, их распространения с точки зрения их воздействия на конкурентную среду, исследование основ корпоративных отношений в групповом бизнесе, анализ получивших схем развития ИКС отражен в работе [10]. Эффект синергизма, достигаемого при консолидации промышленных предприятий и принимаемого во внимание в настоящей статье, отражен в работе английских ученых [11].

Особенностям предприятий ОПК РФ, задачам его развития, теоретическим аспектам формирования ИКС посвящены работы отечественных ученых и экономистов [10, 12–17]. Задачи стратегического менеджмента в ОПК анализируются в [9, 21], основные условия создания интегрированных структур в ОПК рассмотрены в [8, 20], а основы классификации ИКС предлагаются в [9]. Несмотря на проявляемый интерес к проблеме формирования ИКС в ОПК, многие

теоретические задачи требуют практического решения с позиции исследования формирования и развития ИКС, осуществляющих свою деятельность в ОПК.

Цель и задачи исследования

Цель исследования состоит в осуществлении системного анализа и выявлении ключевых факторов, принимаемых в расчет при формировании и реализации той или иной стратегии консолидации предприятий ОПК, ориентированных на сочетание производства гражданской и оборонной продукции, что должно способствовать эффективной модернизации ОПК страны за счет обеспечения повышения его инвестиционной привлекательности, в частности рентабельности собственного капитала по чистой прибыли.

Соответственно, объектом исследований являются предприятия ОПК, ориентированные на выпуск конечной продукции военного назначения (ПВН) и продукции гражданского (ПГН) и двойного назначения (ПДН), а предметом – процессы и закономерности их объединения в корпоративные структуры, имеющие связи технологического, кооперационного и управленческого характера, формирующие интеграцию.

Структура статьи определяется решаемыми в ней задачами:

– анализ необходимости структурного реформирования ОПК в современных условиях;
– классификация ИКС и их особенности в ОПК;
– дифференциация особенностей предприятий ОПК в сравнении с коммерческими предприятиями гражданского сектора;
– анализ предпосылок объединения предприятий в жесткие и мягкие формы;
– формализация основных эффектов, достигаемых при формировании ИКС в ОПК;
– определение основных рисков, сопутствующих сформированной ИКС.

Новизна постановки задач исследований заключается в формировании комплекса факторов, учитываемых при выборе стратегии консолидации в современных условиях международной напряженности. В статье на основе более чем десятилетнего практического опыта формирования научно-производственного объединения (НПО) демонстрируются фактические финансовые показатели до и после консолидации.

Методы и материалы

Применены методы системного анализа особенностей и проблематики формирования ИКС в ОПК РФ. Методология исследования объединяет системный и исследовательский подходы с целью определить необходимость выбора стратегии экономического развития ОПК, такой как интеграция предприятий. В качестве источников материалов исследования использованы данные официальных статистических сборников и отчетов.

Результаты и обсуждение

Российский ОПК – это около 2 тыс. организаций и предприятий высокой технологии, расположенных в 64 субъектах РФ, на которых занято более 2 млн человек – рабочих, инженерно-технических и научных сотрудников. ОПК обеспечивает производство 70% всех средств связи России, 60% сложной медицинской техники и 30% оборудования для топливно-энергетического комплекса [22].

В постсоветскую эпоху ОПК России прошел этапы трансформации (табл. 1). В настоящее время важными индикаторами проводимой модернизации предприятий ОПК следует считать успешную реализацию государственных программ вооружения ГПВ-2015 и ГПВ-2020 и ныне действующей 10-летней программы вооружения со сроком исполнения в 2027 году (ГПВ-2027).

Структурное реформирование ОПК в современных условиях обусловлено необходимостью учета следующих обстоятельств:

Таблица 1. Основные этапы реформирования и развития ОПК в ходе экономических реформ в стране
Table 1. The main stages of reform and development of the defense industry during economic reforms in the country

Период экономических реформ и его характеристика	Основное содержание методов реформирования и моделей структурных преобразований
1992–2001 гг. Кризисное состояние ОПК. Реализация ФЦП «Конверсия оборонной промышленности на 1995–1997 годы».	Конверсия рассматривается как фактор замещения чисто военного производства выпуском ПГН. Конверсия военного производства дополняется конверсией хозяйственного механизма: полной или частичной приватизацией предприятий, перестройкой менеджмента, переходом к рыночным формам объединения и кооперации производств на имущественной основе, к широкому использованию технологий двойного назначения при создании конкурентной ПГН.
2002–2020 гг. Реализация ФЦП «Реформирование и развитие ОПК (2002–2006 гг.)». Реализация ФЦП «Развитие ОПК на 2007–2010 гг. и на период до 2015 г.» [23]. Реализация «Основ военно-технической политики РФ на период до 2015 г. и дальнейшую перспективу» [24]. 2016–2020 гг. Реализация ФЦП «Развитие ОПК на 2011–2020 годы» (2016 г.) [25].	В рамках федеральной целевой программы (ФЦП) «Реформирование и развитие ОПК (2002–2006 гг.)» формируется новый облик ОПК в виде крупных ИКС, объединяющих на имущественной основе промышленные, научные и конструкторские организации. Практический переход к новой архитектуре программно-целевого планирования на базе государственных программ Российской Федерации и программного разреза федерального бюджета, включая комплексирование широкого спектра мероприятий различной направленности по развитию отраслей промышленности в составе государственных программ. Совершенствование действующих, разработка и реализация новых форм, методов и механизмов государственного регулирования, а также принятие решений правового, организационного и технологического характера с учетом новых экономических и политических реалий. Практическое завершение организационных преобразований созданием мощного корпоративного сектора ОПК на базе ИКС, формирование на их основе центров компетенции и передача в соответствии с возложенной компетенцией на уровень ИКС ряда полномочий по реализации государственной политики по выполнению ГОЗ и ФЦП.
2021–2025 гг. и дальнейшая перспектива. Реализация Национальной технологической инициативы, обозначенной В.В. Путиным в послании от 4.12.2014 г.	Разрабатываются меры стимулирования перехода на современную индустриальную модель бизнеса и инновационного развития ИКС в ОПК. Создаются действенные механизмы мотивации необходимых преобразований, обеспечивающих эффективность выполнения заданий ГПВ и ГОЗ, полноту загрузки производственных мощностей, повышение конкурентоспособности продукции.

– появление за последние два года проблем в управлении как отдельными предприятиями ОПК, так и их объединениями, проявившееся, например, в смене собственников или управляющего персонала;

– осложнение достижения позитивных результатов деятельности, риск снижения экономической и финансовой устойчивости предприятия в период напряженности мировых отношений;

– невысокий уровень рентабельности продаж продукции оборонных предприятий;

– необходимость концентрации государственных ресурсов в тех сферах деятельности ОПК, которые требуют быстрого решения наиболее значимых проблем обороноспособности государства;

– трансферт к селективной государственной поддержке разработки перспективных прорывных видов ПВН и ПГН;

– перепрофилирование и обновление мощностей для разработки и серийного производства наукоемких, высокотехнологичных, конкурентоспособных ПВН и ПГН;

– сохранение необходимого научного потенциала и его эффективное использование для создания новых материалов и производств;

– необходимость снижения социальной напряженности в регионах сосредоточения оборонных предприятий;

– необходимость развития эффективного военно-технического сотрудничества России на международном уровне.

В условиях напряженности мировых отношений и введенных экономических санкций современные ИКС в ОПК должны быть прибыльными, способными создавать условия для пополнения федерального бюджета, увеличения экспортных поставок, диверсификации. Для этого необходимо создавать ИКС оборонно-гражданской направленности на основе оборонной промышленности. В целях технологического развития ОПК утверждено и реализуется более десяти федеральных целевых программ: ФЦП «Развитие ОПК», Федеральная космическая программа, ФЦП «Развитие гражданской авиационной техники» и др.

Особенности предприятий ОПК как объекта интеграции

При исследовании ИКС приходится постоянно сталкиваться с проблемой структуризации, классификации, типизации, агрегирования разнообразных данных. Неоднозначность используемых терминов при определении интеграции хозяйствующих субъектов (ИБГ, ИЭС, ИКС, корпорации и пр.) является причиной того, что в литературе не существует единой устоявшейся классификации ИКС. Каждый трактует их по-своему, используя те признаки, которые отвечают выбранному им направлению исследования. В работе А.В. Бабкина [20] подробно рассмотрены основные классификационные признаки ИКС. В данной статье с целью анализа и систематического изучения возможности структурирования имеющейся информации об ИКС авторы предлагают свой подход к классификации (рис. 1), фокусирующийся на практико-ориентированных критериях, таких как вид деятельности, способ построения, централизация бизнес-процессов, устойчивость связей, форма интеграции, степень юридической самостоятельности, которые не были системно рассмотрены в исследованиях других авторов. Это позволило выбрать 13 основных видов ИКС [21] и сделать классификацию более прикладной и релевантной для современных управленческих решений.

ОПК как совокупность научно-исследовательских, проектно-конструкторских, испытательных организаций и производственных предприятий (далее предприятий), выполняющих разработку и производство вооружения, военной и специальной техники для государственных силовых структур и на экспорт, а также ПДН и ПГН в рамках диверсификации, имеет свыше двух десятков особенностей. В работе [10] перечислены основные особенности предприятий ОПК, с которыми, на наш взгляд, можно согласиться лишь частично.

В настоящей статье предлагается учитывать следующие черты предприятий ОПК и их объединений:

1) Наличие ярко выраженной специализации производства. Современная выпускаемая продукция – это, прежде всего, вооружение и военная техника (ВиВТ), производимая на промышленных предприятиях со специально созданным или приобретенным технологическим оборудованием и специализированными технологическими процессами.

2) Специфичность производимой продукции и самих производств. ВиВТ производятся на основании предоставляемой государством лицензии на производство, ремонт и обслуживание, а также по охраняемым государством результатам интеллектуальной деятельности (патенты на изобретения, ноу-хау и т.п.).

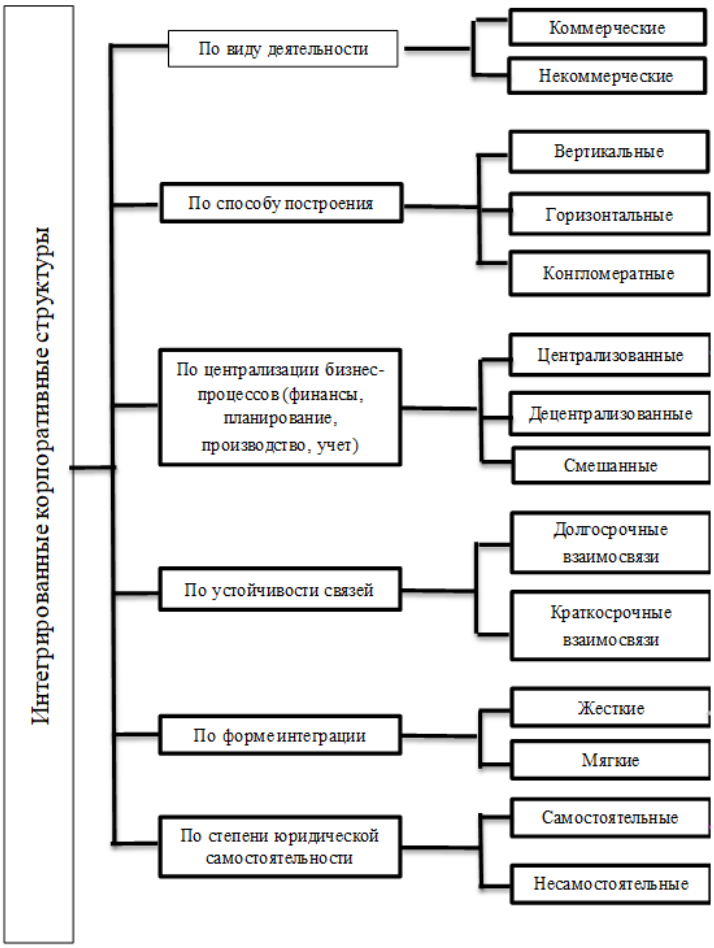


Рис. 1. Классификация ИКС
Fig. 1. Classification of integrated corporate structures

3) Высокий уровень наукоемкости производства. На долю российского ОПК, включая ПВН, приходится свыше 70% всей научной продукции в России, в нем занято более 50% всех научных сотрудников [22].

4) Предприятия ОПК – персоналозависимые организации. Им свойственен высокий уровень требований к квалификации персонала (рабочих, служащих, инженерно-технических и научных сотрудников), которую нельзя приобрести на рынке труда готовых специалистов – их «выращивают на месте». Персонал ОПК – обладатель уникальной совокупности навыков и умений. Основу стратегии по персоналу предприятия ОПК составляют задачи сохранения квалифицированных сотрудников, омоложения коллектива, повышения квалификации и компетентности, а также задачи автоматизации труда работников, способствующие повышению его производительности.

5) Длительный срок разработки сложной продукции, кропотливый процесс постановки на производство и ориентированность на срок эксплуатации, измеряемый десятилетиями.

6) Повышенный уровень требований к качеству продукции, который обеспечивается системой менеджмента качества в области распространения регламента ГОСТ РВ 0015-002-2020 для предприятий ОПК.

7) Ориентированность на исполнение заданий ГПВ и ГОЗ.

8) Регламентируемое ценообразование на предприятиях ОПК для производства военной продукции.

9) Высокое санкционное давление, отсутствие трансфера высоко инновационных технологий.

10) Наличие конструкторских, технологических, научно-исследовательских подразделений, испытательной базы (как необходимого условия выпуска ВиВТ), большого количества производственных объектов специального назначения, имеющих высокую стоимость и вследствие этого определяющих высокий уровень накладных расходов.

11) Достаточно тяжелая по сравнению с коммерческими предприятиями организационная структура и, как следствие, обилие регламентирующих деятельность стандартов, не только государственных, но и стандартов организаций (СТО), заметно «утяжеляющих» систему управления и ее оперативность.

Таким образом, предприятия ОПК России по особенностям организации производства, бизнес-модели предприятия и используемым технологическим процессам значительно отличаются от предприятий гражданских машиностроительных и иных отраслей. Главное отличие заключается в том, что технический уровень производства в ОПК, как правило, заметно выше, чем в других отраслях, поскольку основные материально-технические, а также трудовые и финансовые ресурсы ранее направлялись в первую очередь на оборонные предприятия [26, 27].

Предпосылки для объединения предприятий в ИКС

Современной экономике свойственен процесс интеграции предприятий. Это обусловлено непрерывными изменениями структуры экономических субъектов, реагирующих на изменение внешней среды, в том числе предприятий ОПК [28].

В мировой практике сложились следующие основные формы интеграции компаний [29]: стратегические альянсы, консорциумы, картели, ассоциации, конгломераты, концерны, холдинги, промышленные кластеры, экосистемы, а в России дополнительно – госкорпорации, госкомпании, НПО, которые условно можно разделить на две группы: жесткие и мягкие. К жестким организационным формам интеграции компаний относятся концерны, НПО, а к мягким – холдинги, ассоциации, консорциумы, стратегические альянсы, конгломераты, кластеры, экосистемы [30].

Так как не все формы ИКС подходят к процессам интеграции предприятий ОПК, рассмотрим основные формы, в них используемые.

В рамках проводимого авторами исследования были выявлены предпосылки для интеграции предприятий ОПК в современных условиях.

Для жестких форм:

– возможность определять производственную, финансовую, маркетинговую политику ИКС централизовано головными департаментами;

– наличие производственной общности объединяемых компаний;

– возможность создания единой информационной среды ИКС;

– наличие возможности управления полным жизненным циклом продукции;

– предметная и технологическая однородность изготавливаемой продукции;

– государственное регулирование основных процессов интеграции предприятий.

Для мягких форм:

– наличие срочных и дорогостоящих заказов и проектов, требующих консолидации усилий и средств научно-технических, производственных, обслуживающих и финансовых компаний, способных совместно решить поставленную задачу;

– необходимость формирования на территории региона РФ конкурентоспособного производственного комплекса, отвечающего современным задачам инновационного развития экономики России, в том числе для выхода в сжатые сроки на наиболее быстрорастущие мировые рынки;

– необходимость проведения единой политики и осуществления единого контроля за управлением деятельностью разнородных предприятий ОПК путем покупки контрольного пакета акций;

– необходимость содействия в разработке, производстве и экспорте высокотехнологичных промышленных ПГН и ПВН.

Основные эффекты, получаемые при формировании ИКС

Одна из основных задач руководства предприятия ОПК – выбор стратегии экономического развития предприятия, предполагающей стремление к динамичному и гармоничному сочетанию экономического роста, экономической устойчивости, а также направленной на долгосрочные цели. Одной из таких стратегий может быть стратегия объединения предприятий ОПК в ИКС [31]. Ее реализация будет способствовать достижению ряда эффектов:

1) управленческие:

– повышение качества и скорости принятия управленческих решений, сокращение объемов внутреннего документооборота;

– возможность проведения корпоративной социальной политики и повышения лояльности персонала;

– повышение эффективности управления бизнесом за счет заимствования лучшего опыта среди объединяемых предприятий;

– повышение эффективности реализации стратегии развития предприятия ОПК за счет единства управления и контроля реализации стратегии, повышение оперативности управления отклонениями;

2) процессные:

– повышение скорости, эффективности обмена, увеличение потенциала для внедрения инноваций и улучшения качества конечного продукта;

– оптимизация управления оборотными активами в части материальных потоков и запасов при создании дивизиональных логистических центров;

– создание предпосылок для оптимизации складской логистики;

3) конкурентные:

– расширение объема и номенклатуры доступных собственных ресурсов, что повышает управляемость приоритетными направлениями;

– сокращение срока вывода инноваций на рынок и/или получение быстрого доступа к новым рынкам, технологиям и исследовательским решениям;

– создание предпосылок для роста инновационной активности за счет повышения доступности финансовых ресурсов для внедрения объектных и процессных инноваций;

– создание предпосылок для развития конкурентных преимуществ за счет диверсификации производства и наращивания выпуска ПГН;

4) производственные:

– интеграция подразделений, отвечающих за проектирование технологических процессов, повышение эффективности и оперативности разработки технологических паспортов;

– оптимизация загрузки оборудования и вывод из эксплуатации изношенного оборудования без его воспроизводства;

– загрузка свободных консолидированных производственных мощностей наиболее рентабельными видами продукции.

Основные риски формирования ИКС

Проведенный авторами анализ формирования ИКС, в том числе на практике, позволил выделить основные риски (рис. 2).

1) технологические и производственные:

– невыполнение перспективной производственной программы ИКС из-за несоответствия текущего технологического уровня производства техническому уровню инноваций;

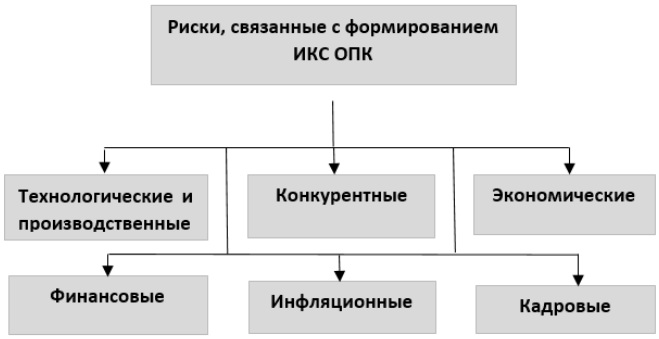


Рис. 2. Риски предприятия ОПК в процессе интеграции
Fig. 2. Risks of a defense industry enterprise in the integration process

– срыв срока изготовления продукции из-за несоответствия текущей квалификации специалистов требуемому уровню после внедрения инноваций;

2) экономические:

– снижение загруженности ИКС и, соответственно, увеличение цен на ПВН из-за структурных сдвигов ГПВ в условиях напряженности мировых отношений или ее изменение;

– снижение рентабельности при существующем подходе Департамента аудита государственных контрактов Министерства обороны РФ и Федеральной антимонопольной службы (ФАС России) к формированию фиксированной цены с применением индекса-дефлятора к ориентировочной цене;

– снижение прибыли по сравнению с прибылью, рассчитанной по Постановлению Правительства РФ № 1465 от 02.12.2017 г., из-за изменения норматива рентабельности государственными и ведомственными институтами, а также непосредственно заказчиками (с мотивировкой недостаточности бюджетных средств);

3) финансовые:

– дефицит источников финансирования на определенных этапах реализации проекта при использовании комбинированного метода финансирования проекта из-за сложности комбинирования этих источников (ФЦП, собственные средства и т.д.);

– дефицит бюджета при использовании внешних источников финансирования по причине ликвидации, банкротства либо наложения ареста на имущество кредиторов, закрытия кредитной линии или приостановления платежей по ней в результате ухудшения платежеспособности кредиторов;

– невозможность или увеличение сроков технического перевооружения ИКС, связанные с изменением банковских процентных ставок, курса иностранных валют, так как часть расходов, связанная с приобретением и вводом в эксплуатацию оборудования, привязана к у.е.;

4) инфляционные:

– рост себестоимости продукции в результате ускорения темпов инфляции; в этой ситуации ИКС окажется не в состоянии повысить цены на свою продукцию, чтобы обеспечить достаточную прибыльность предприятия;

– увеличение собственных вложений или открытие кредитной линии в результате потери реальной стоимости дебиторской задолженности и уменьшения реальной стоимости средств, полученных по ФЦП;

5) конкурентные (рынок ПГН и ПДН):

– экспансия на местный рынок производимого продукта или его аналогов со стороны зарубежных экспортеров;

6) кадровые, связанные с недостаточным обеспечением высококвалифицированными сотрудниками.

Пример формирования ИКС

В разрезе задач исследования авторами был проанализирован результат формирования ИКС, достигнутый благодаря реорганизации группы компаний Северо-Западного регионального центра Концерна ВКО «Алмаз-Антей», и создания НПО на базе АО «Обуховский завод».

Выводы, сделанные на основе анализа:

1) Потребность структурного реформирования предприятий Концерна была обусловлена:

– необходимостью сохранения существующих производств, ориентированных на исполнение заданий ГПВ и ГОЗ в заданных ценовых границах;

– недостаточно эффективной производственной структурой отдельных предприятий концерна, не позволявшей проводить их эффективную локальную реструктуризацию;

– необходимостью создания современных, производственно-технологических, научно-исследовательских, лабораторно-испытательных баз и опытного производства;

– необходимостью создания эффективной системы управления группой предприятий на основе процессного подхода, минимизации постоянных расходов, сокращения цикла «разработка – производство – реализация».

2) В рамках предложенной классификации сформированная ИКС относится к жестким формам интеграции с вертикально ориентированной структурой, с централизованными бизнес-процессами, а также к НПО.

3) Сформированная ИКС обладает всем набором признаков, характеризующих ее принадлежность к ОПК.

4) Основные предпосылки объединения группы предприятий Концерна относятся к жестким формам интеграции:

– необходимость проведения единой производственной, финансовой, маркетинговой политики ИКС централизовано в составе НПО;

– наличие производственной общности объединяемых предприятий;

– созданная единая информационная среда на основе ERP системы КИС «Альфа» и системы управления инженерными данными и жизненным циклом изделия «Лоцман: PLM»;

– наличие в составе АО «Обуховский завод» подразделений, отвечающих за стадии жизненного цикла продукции согласно ГОСТ Р 15.000-2016, таких как исследования и проектирование, разработка, изготовление, поставка, техническое обслуживание, ремонт, обеспечение эксплуатации;

– предметная и технологическая однородность изготавливаемой продукции.

5) Определены и формализованы отдельные финансовые элементы синергетического эффекта интеграции:

– объем выручки вырос более чем в три раза;

– оптимизированы бизнес-процессы, снижены операционные расходы, в результате реализации проектов экономический эффект бережливого производства составляет ежегодно 25 млн руб.;

– значительно выросла рентабельность продаж по чистой прибыли (табл. 2) в результате увеличения чистой прибыли и значительного увеличения выручки, полученной в результате синергетического эффекта от объединения;

– уменьшился финансовый леверидж за счет сокращения заемных средств;

– увеличился показатель рентабельности собственного капитала по чистой прибыли, что говорит о росте эффективности операционной, финансовой и инвестиционной деятельности, сформированной ИКС.

Таблица 2. Изменения финансовых показателей в результате формирования ИКС
Table 2. Changes in financial indicators as a result of the formation of the ICI

Показатели	Значения финансовых показателей предприятий до объединения в ИКС	Значения финансовых показателей после объединения в ИКС	Изменение показателей
1	2	3	4
Рентабельность продаж по чистой прибыли	–8,8	0,5	9,3
Коэффициент оборачиваемости активов	0,5	0,3	–0,2
Рентабельность активов	0,2	0,1	–0,1
Финансовый леверидж	7,5	1,1	–6,4
Рентабельность собственного капитала по чистой прибыли	–5	0,2	5,2

6) В процессе принятия решения о формировании ИКС были определены основные риски, а для их нивелирования и отладки бизнес-процессов было принято решение о двухступенчатой схеме интеграции в НПО через построение промышленного кластера.

Заключение

Таким образом, можно сказать, что объединение предприятий в ИКС является довольно востребованной стратегией экономического роста ОПК России в условиях напряженности мировых отношений для диверсификации производства, выхода на рынок ПГН и повышения конкурентоспособности. Однако стоит отметить, что интеграция является дорогостоящим процессом с высокими рисками. Для решения этой проблемы необходимы целевые меры господдержки правительства РФ.

Согласно результатам, полученным в соответствии с задачами исследования, можно сделать выводы, которые следует использовать при формировании стратегии консолидации группы предприятий в ИКС:

1) Необходимость структурного реформирования ОПК обусловлена рядом факторов, включая глобальные вызовы (санкционное давление, технологические ограничения), внутренние проблемы (низкая эффективность управления, устаревшие производственные мощности) и изменения в геополитической обстановке. Реформирование ОПК направлено на повышение конкурентоспособности, обеспечение технологической независимости и адаптацию к новым условиям функционирования.

2) В рамках исследования предложена классификация ИКС в ОПК, основанная на таких критериях, как вид деятельности, способ построения, централизация бизнес-процессов, устойчивость связей, форма интеграции, степень юридической самостоятельности. Данная классификация позволяет систематизировать подходы к формированию и управлению интегрированными структурами в ОПК.

3) Основными особенностями, обусловливающими необходимость специализированных подходов к управлению и интеграции предприятий ОПК, являются высокий уровень технологической сложности продукции, зависимость от государственного заказа, длительные циклы производства и высокие требования к качеству и надежности.

4) Выявлены ключевые предпосылки для интеграции предприятий ОПК. Выяснено, что предпосылки интеграции для жестких и мягких форм ИКС значительно отличаются. Отмечено,

что интеграция способствует ускорению внедрения инноваций и повышению устойчивости к внешним вызовам.

5) Основными эффектами от формирования ИКС в ОПК являются: синергетический эффект за счет объединения ресурсов и компетенций, повышение конкурентоспособности на мировом рынке, снижение транзакционных издержек, ускорение внедрения инноваций и повышение устойчивости к внешним воздействиям. Кроме того, интеграция способствует оптимизации управления и повышению прозрачности бизнес-процессов.

6) В процессе формирования ИКС на практическом опыте выявлены ключевые риски, позволяющие менеджменту нивелировать их на этапе принятия решения об интеграции. Для минимизации этих рисков необходимы тщательное планирование интеграционных процессов и разработка механизмов управления рисками.

Проведенное исследование демонстрирует, что интеграция в ОПК – сложный, но необходимый процесс, требующий учета уникальных характеристик отрасли и отдельных предприятий (организаций), современных геополитических реалий и технологических трендов. Объединение предприятий ОПК в ИКС создает синергетический эффект, где совокупная результативность превышает сумму отдельных элементов. Однако реализация синергии требует продуманной интеграции бизнес-процессов, адаптации корпоративной культуры и инвестиций в цифровую инфраструктуру. Успех зависит от сбалансированного подхода к управлению рисками и инновациями, что подтверждает необходимость долгосрочной стратегии развития ИКС. Результаты работы могут служить основой для разработки государственных программ поддержки ОПК и корпоративных стратегий.

Направления дальнейших исследований

Следующим этапом исследования интеграционных процессов при формировании ИКС в ОПК России авторы видят разработку модели оценивания финансовой устойчивости на основе стохастического имитационного моделирования.

В качестве инструмента прогнозирования предлагается использовать математический аппарат марковских цепей, реализуя двухконтурный алгоритм оценивания финансовой устойчивости создаваемой структуры с учетом объективных и субъективных воздействующих факторов.

Научная и практическая значимость дальнейших исследований будет состоять в оценивании возможности своевременного и качественного выполнения ГОЗ как вероятности наступления соответствующего случайного события на основе трехфакторной мультипликативной модели рентабельности собственного капитала по чистой прибыли.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Виханский О.С., Каталевский Д.Ю. (2022) Конкурентное преимущество в эпоху цифровизации. *Российский журнал менеджмента*, 20 (1), 5–27. DOI: https://doi.org/10.21638/spbu18.2022.101

2. Клейнер Г.Б. (2024) Системная парадигма и теория технологий. *Terra Economicus*, 22 (4), 6–18. DOI: https://doi.org/10.18522/2073-6606-2024-22-4-6-18

3. Ефремов В.С. (1999) Стратегическое управление в контексте организационного развития. *Менеджмент в России и за рубежом*, 1, 3–14.

4. Глухов В.В., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А. (2021) Стратегическое управление промышленными экосистемами на основе платформенной концепции. *Экономика и управление*, 27 (10), 752–766. DOI: http://doi.org/10.35854/1998-1627-2021-10-751-765

5. Белоусов А.Р. (2004) Развитие российской экономики в среднесрочной перспективе: анализ угроз. *Проблемы прогнозирования*, 1, 1–25.

6. Лапшин П.П., Хачатуров А.Е. (2005) Синергетический эффект при слияниях и поглощениях компаний. *Менеджмент в России и за рубежом*, 2, 21–30.

7. Храброва И.А. (2000) *Корпоративное управление: вопросы интеграции. Аффилированные лица, организационное проектирование, интеграционная динамика*, М.: Альпина.

8. Винслав Ю.Б., Дементьев В.Е., Мелентьев А.Ю., Якутин Ю.В. (1998) Развитие интегрированных корпоративных структур в России. *Российский экономический журнал*, 11–12, 27–41.

9. Ливчин С.В., Цветцых А.В. (2017) Интегрированная корпоративная структура оборонно-промышленного комплекса: понятие и классификация. *Менеджмент социальных и экономических систем*, 4, 5–10.

10. Бабурина И.А., Губайдуллина Э.Э., Юрковская Г.И. (2010) Основные особенности предприятий оборонно-промышленного комплекса. *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*, 6, 8–9.

11. Кемпбелл Э., Лачс С.К. (2004) *Стратегический синергизм*, 2-е изд., СПб.: Питер.

12. Коробов С.П., Батьковский А.М. (2014) Стратегическое планирование развития отраслей оборонно-промышленного комплекса. *Стратегическое планирование и развитие предприятий*, 75–77.

13. Доброва К.Б. (2016) Совершенствование стратегического планирования развития корпораций оборонно-промышленного комплекса России. *МИР* (*Модернизация. Инновации. Развитие*), 7 (2 (26)), 23–27. DOI: https://doi.org/10.18184/2079-4665.2016.7.2.23.27

14. Бирюков А.В. (2013) *Инновационные кластеры в оборонной промышленности Российской Федерации*, М.: LAP Lambert Academic Publishing.

15. Моздор С.В., Ольхов Е.Н., Иванов М.О. (2014) *Межотраслевой обмен инновациями ОПК и передача достижений*, М.: LAP Lambert Academic Publishing.

16. Караваев И.Е. (2012) Основные меры государственной поддержки инновационного развития предприятий оборонно-промышленного комплекса. *Экономические отношения*, 1, 10–19.

17. Базилевский А.И., Злобин Е.Ф. (2017) Перспективы развития оборонно-промышленного комплекса России в период санкций. *Universum: экономика и юриспруденция*, 2 (35).

18. Цомаева И.В., Киселева А.А., Бажанов В.А. (2020) Стратегические задачи развития оборонно-промышленного комплекса: пути решения. *Экономика Профессия Бизнес*, 2, 109–114. DOI: https://doi.org/10.14258/epb201979

19. Ряховский Д.И. (2014) Современные особенности функционирования предприятий оборонно-промышленного комплекса и их влияние на формирование стратегического развития. *Вестник ИЭАУ*, 5, 21–24.

20. Бабкин А.В. (2014) Интегрированные промышленные структуры как экономический субъект рынка: сущность, принципы, классификация. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика*, 4, 7–23.

21. Галеев Э.Е. (2023) Кластерный анализ интегрированных корпоративных структур. *Инновации и инвестиции*, 2, 139–142.

22. Голубев С.С., Чеботарев С.С. (2018) Информационные технологии как ключевой механизм устойчивого развития оборонных промышленных предприятий в современных условиях. *Экономические стратегии*, 3 (153), 68–81.

23. Караваев И.Е. (2012) Особенности формирования и реализации государственной промышленной политики в оборонно-промышленном комплексе на современном этапе. *Оборонный комплекс РФ: состояние и перспективы развития*, 181–193.

24. Коротченко И.Ю. (2004) Проблемы реализации военно-технической политики России. *Военно-промышленный курьер*, 49, 1–3.

25. Зацепин В. (2016) Особенности новой государственной программы развития оборонно-промышленного комплекса. *Экономическое развитие России*, 23 (8), 75–78.

26. Силкина А.В., Ерыгина Л.В. (2017) Современное состояние и тенденции развития предприятий оборонно-промышленного комплекса. *Сибирский аэрокосмический журнал*, 18 (1), 243–249.

27. Гильц Н.Е. (2012) Современное состояние и тенденции развития предприятий оборонно-промышленного комплекса. *Сибирский аэрокосмический журнал*, 13 (4), 203–205.

28. Лавринов Г.А. (2005) Формирование интегрированных структур в военно-промышленном комплексе. *Менеджмент в России и за рубежом*, 3, 56–64.

29. Галеев Э.Е. (2022) Цифровые портреты интегрированных корпоративных структур. *Радионавигация и время*, 10 (18), 97–115.

30. Асаул А.Н. (2009) *Организация предпринимательской деятельности*, СПб.: АНО ИПЭВ.

31. Андреева А.А. (2010) Виды и элементы стратегии развития предприятия. *Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева*, 20, 186–192.

REFERENCES

1. Vikhanskiy O.S., Katalevskiy D.Yu. (2022) The competitive advantage in the age of digitalization. *Russian Management Journal*, 20 (1), 5–27. DOI: https://doi.org/10.21638/spbu18.2022.101

2. Kleyner G.B. (2024) The systems paradigm and the theory of technology. *Terra Economicus*, 22 (4), 6–18. DOI: https://doi.org/10.18522/2073-6606-2024-22-4-6-18

3. Yefremov V.S. (1999) Strategicheskoye upravleniye v kontekste organizatsionnogo razvitiya [Strategic management in the context of organizational development]. *Management in Russia and Abroad*, 1, 3–14.

4. Glukhov V.V., Babkin A.V., Shkarupeta Ye.V., Plotnikov V.A. (2021) Strategic Management of Industrial Ecosystems Based on the Platform Concept. *Economics and Management*, 27 (10), 751–765. DOI: https://doi.org/10.35854/1998-1627-2021-10-751-765

5. Belousov A.R. (2004) The medium-term development of the Russian economy: a threat analysis. *Studies on Russian Economic Development*, 15 (1), 1–15.

6. Lapshin P.P., Khachaturov A.Ye. (2005) Sinergeticheskiy effekt pri sliyaniyakh i pogloshcheniyakh kompaniy [Synergy effect in mergers and acquisitions of companies]. *Management in Russia and Abroad*, 2, 21–30.

7. Khrabrova I.A. (2000) *Korporativnoye upravleniye: voprosy integratsii. Affilirovannyye litsa, organizatsionnoye proyektirovaniye, integratsionnaya dinamika* [Corporate Governance: Integration Issues. Affiliates, Organizational Design, Integration Dynamics], Moscow: Alpina.

8. Vinslav Yu.B., Dementyev V.Ye., Melentyev A.Yu., Yakutin Yu.V. (1998) Razvitiye integrirovannykh korporativnykh struktur v Rossii [Development of integrated corporate structures in Russia]. *Russian Economic Journal*, 11–12, 27–41.

9. Livchin S. V., Tsvettsykh A (2017) Integrated corporate structure defense of industrial complex: concept and classification. *Social and economic systems management*, 4, 5–10.

10. Baburina I.A., Gubaydullina E.E., Yurkovskaya G.I. (2010) Osnovnyye osobennosti predpriyatiy oboronno-promyshlennogo kompleksa [Main features of defense industry enterprises]. *Aktualnyye problemy aviatsii i kosmonavtiki* [Current issues in aviation and astronautics], 6, 8–9.

11. Campbell A., Luchs K.S. (2004) *Strategic Synergy*, 2nd ed., St. Petersburg: Piter.

12. Korobov S.P., Batkovskiy A.M. (2014) Strategicheskoye planirovaniye razvitiya otrasley oboronno-promyshlennogo kompleksa [Strategic planning for the development of defense industry sectors]. In: *Strategicheskoye planirovaniye i razvitiye predpriyatiy* [Strategic planning and development of enterprises], 75–77.

13. Dobrova K.B. (2016) The Strategic Planning of the Defense-Industrial Complex Corporations of Russia. *MIR* (*Modernization. Innovation. Research*), 7 (2 (26)), 23–27. DOI: https://doi.org/10.18184/2079-4665.2016.7.2.23.27

14. Biryukov A.V. (2013) *Innovatsionnyye klastery v oboronnoy promyshlennosti Rossiyskoy Federatsii* [Innovative clusters in the defense industry of the Russian Federation], Moscow: LAP Lambert Academic Publishing.

15. Mozdor S.V., Olkhov Ye.N., Ivanov M.O. (2014) *Mezhotraslevoy obmen innovatsiyami OPK i peredacha dostizheniy* [Inter-industry exchange of innovations in the defense industry and transfer of achievements], Moscow: LAP Lambert Academic Publishing.

16. Karavayev I.Ye. (2012) Key Measures of State Support of Innovative Development of Military-Industrial Enterprises. *Journal of International Economic Affairs*, 1, 10–19.

17. Bazilevskiy A.I., Zlobin Ye.F. (2017) Prospects of development of the defense-industrial complex of Russia in the period of sanctions. *Universum: ekonomika i yurisprudentsiya* [Universum: economics and jurisprudence], 2 (35).

18. Tsomayeva I.V., Kiseleva A.A., Bazhanov V.A. (2020) Strategic Objectives of the Development of the Defense Industry: Solutions. *Economics Profession Business*, 2, 109–114.

19. Ryakhovskiy, D.I. (2014) Sovremennyye osobennosti funktsionirovaniya predpriyatiy oboronno-promyshlennogo kompleksa i ikh vliyaniye na formirovaniye strategicheskogo razvitiya [Modern features of functioning of enterprises of the military-industrial complex and their influence on the formation of strategic development]. *Vestnik IEAU*, 5, 21–24.

20. Babkin A.V. (2014) Integrated Industrial Structures as Economic Entity of the Market: Essence, Principles, Classification. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics*, 4, 7–23.

21. Galeyev E.Ye. (2023) Cluster analysis of integrated corporate structures. *Innovation & Investment*, 2, 139–142.

22. Golubev S.S., Chebotarev S.S. (2018) Information Technology as a Key Mechanism for Sustainable Development of Defense Industrial Enterprises in Modern Conditions. *Economic Strategies*, 3 (153), 68–81.

23. Karavayev I.Ye. (2012) Osobennosti formirovaniya i realizatsii gosudarstvennoy promyshlennoy politiki v oboronno-promyshlennom komplekse na sovremennom etape [Features of the formation and implementation of state industrial policy in the military-industrial complex at the present stage]. In: *Oboronnyy kompleks RF: sostoyaniye i perspektivy razvitiya* [Defense Complex of the Russian Federation: Status and Development Prospects], 181–193.

24. Korotchenko I.Yu. (2004) Problemy realizatsii voyenno-tekhnicheskoy politiki Rossii [Problems of implementation of military-technical policy of Russia]. *Voyenno-promyshlennyy kuryer* [Military-industrial courier], 49, 1–3.

25. Zatsepin V. (2016) Osobennosti novoy gosudarstvennoy programmy razvitiya oboronno-promyshlennogo kompleksa [Features of the new state program for the development of the defense-industrial complex]. *Russian Economic Development*, 23 (8), 75–78.

26. Silkina A. V., Yerygina L. V. (2017) Current Status and Trends of Defense Industry Enterprises. *Siberian Aerospace Journal*, 18 (1), 243–249.

27. Gilts N.Ye. (2012) Present State and Progress Trends of Enterprises of Defense Industry. *Siberian Aerospace Journal*, 13 (4), 203–205.

28. Lavrinov G.A. (2005) Formirovaniye integrirovannykh struktur v voyenno-promyshlennom komplekse [Formation of integrated structures in the military-industrial complex]. *Management in Russia and Abroad*, 3, 56–64.

29. Galeyev E.Ye. (2022) Digital Portraits of Integrated Corporate Structures. *Radionavigatsiya i vremya* [Radio navigation and time], 10 (18), 97–115.

30. Asaul A.N. (2009) *Organizatsiya predprinimatelskoy deyatelnosti* [Organization of business activities], St. Petersburg: ANO IPEV.

31. Andreyeva A.A. (2010) Vidy i elementy strategii razvitiya predpriyatiya [Types and elements of enterprise development strategy]. *Vestnik of Volzhsky University after V.N. Tatischev*, 20, 186–192.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

БАУШЕВ Сергей Валентинович
E-mail: s.baushev@goz.ru
Sergey V. BAUSHEV
E-mail: s.baushev@goz.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3772-7636

БАБКИН Александр Васильевич
E-mail: al-vas@mail.ru
Aleksandr V. BABKIN
E-mail: al-vas@mail.ru

ВОЛОКИТИНА Ирина Николаевна
E-mail: baushev_sv@mail.ru
Irina N. VOLOKITINA
E-mail: baushev_sv@mail.ru

ГАЛЕЕВ Эдуард Евгеньевич
E-mail: e.galeev@goz.ru
Eduard E. GALEEV
E-mail: e.galeev@goz.ru

Поступила: 03.03.2025; Одобрена: 21.04.2025; Принята: 21.04.2025.
Submitted: 03.03.2025; Approved: 21.04.2025; Accepted: 21.04.2025.

π-Economy. 2025, Том 18, № 2. С. 150–163.
π-Economy. 2025, Vol. 18, No. 2. Pp. 150–163.

Научная статья
УДК 332.1
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18209
EDN: https://elibrary/VUJCLJ

ФОРМИРОВАНИЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОНИТОРИНГА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМООБРАЗУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ю.А. Татаровский ✉

Самарский государственный экономический университет,
Самара, Российская Федерация

✉ tatarovsky.yury@yandex.ru

Аннотация. Отечественная экономика сегодня находится под большим давлением внешних и внутренних факторов. Для решения своих задач государству требуется не только краткосрочная мобилизация финансовых ресурсов в текущем моменте, но в большей мере создание надежного, стратегического фундамента для роста и устойчивого развития. Системообразующие предприятия являются социально и экономически значимыми субъектами хозяйствования, выступают проводниками и основными субъектами экономической политики государства, составляют основу экономической безопасности всей страны. Отсюда вытекает потребность в мониторинге (систематическом сборе и анализе) информации об их деятельности. Целью исследования являлось формирование методики, способствующей выявлению ключевых рисков системообразующих предприятий. Авторский подход по формированию риск-ориентированной системы мониторинга деятельности предприятия отличается от тех методик, которые используются профильными государственными органами. В частности, в нем учитываются специфические риски, присущие только системообразующим предприятиям. Объектом исследования выступили основные аспекты их деятельности, находящие свое отражение в показателях финансового состояния и тенденциях. Апробация методики мониторинга производилась на системообразующих стратегических предприятиях Самарской области. Проведенное автором исследование основывается на количественных методах анализа их деятельности. Так, в основу были включены коэффициентный метод, а также анализ динамики и выявление тенденций, протекающих в системообразующих предприятиях. В результате проведенного исследования была доказана практическая возможность применения предложенной методики, достаточность информационной открытости системообразующих предприятий. Практическая значимость проведенного исследования заключается в том, что при апробации были выявлены ключевые риски системообразующих предприятий (на примере стратегических системообразующих предприятий Самарской области), а также проанализированы тенденции хозяйственной деятельности системообразующих предприятий, на основании которых были сформулированы выводы, касающиеся их экономической безопасности. Направление дальнейшей работы заключается в исследовании большего количества системообразующих предприятий (не включенных в перечень стратегических) с целью определения общих тенденций, угроз и рисков развития данных хозяйствующих субъектов.

Ключевые слова: системообразующие предприятия, финансовое состояние, финансовый анализ, мониторинг, анализ рисков, экономическая безопасность

Для цитирования: Татаровский Ю.А. (2025) Формирование риск-ориентированной системы показателей мониторинга деятельности системообразующих предприятий. π-Economy, 18 (2), 150–163. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18209

© Татаровский Ю.А., 2025. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18209

FORMATION OF A RISK-BASED MONITORING INDICATORS SYSTEM FOR THE ACTIVITIES OF BACKBONE ENTERPRISES

Yu.A. Tatarovsky ✉

Samara State University of Economics,
Samara, Russian Federation

✉ tatarovsky.yury@yandex.ru

Abstract. The domestic economy is currently under great pressure from external and internal factors. To solve its tasks, the state needs not only a short-term mobilization of financial resources at the current moment, but also the creation of a reliable, strategic foundation for growth and sustainable development. Backbone enterprises are socially and economically significant business entities, act as guides and main subjects of the state's economic policy, and form the basis of the economic security of the entire country. This leads to the need for monitoring (systematic collection and analysis) of information about the activities of these enterprises. The purpose of the study was to develop a methodology that helps identify key risks of backbone enterprises. The author's approach to the formation of a risk-based monitoring system for the company's activities differs from those methods used by relevant government agencies. In particular, it takes into account the specific risks inherent only to backbone enterprises. The object of the study was the main aspects of the activities of backbone enterprises, reflected in the indicators of financial condition and trends. The monitoring methodology was tested at strategic enterprises of the Samara region. The research conducted by the author is based on quantitative methods of analyzing the activities of enterprises. Thus, the coefficient method was included in the basis, as well as the analysis of dynamics and identification of trends occurring in backbone enterprises. As a result of the conducted research, the practical possibility of applying the proposed methodology and the sufficiency of information openness of backbone enterprises were proved. The practical significance of the conducted research is that during testing, the key risks of backbone enterprises were identified (using the example of strategic backbone enterprises in the Samara region), as well as the trends in the economic activity of backbone enterprises were analyzed, on the basis of which conclusions were formulated regarding the economic security of these enterprises. The direction of further work is to study a larger number of backbone enterprises (not included in the list of strategic ones) in order to identify common trends, threats and risks of the development of these economic entities.

Keywords: backbone enterprises, financial condition, financial analysis, monitoring, risk analysis, economic security

Citation: Tatarovsky Yu.A. (2025) Formation of a risk-based monitoring indicators system for the activities of backbone enterprises. π-Economy, 18 (2), 150–163. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18209

Введение

Современные реалии заставляют отечественную экономику функционировать в ситуации высокой турбулентности и неопределенности. Решение стоящих перед Россией стратегических политических задач и вызовов требует наличия не только ресурсов в краткосрочной перспективе, но, прежде всего, устойчивой и развивающейся экономики в долгосрочном периоде. Это требует усилий на всех уровнях, включая административный ресурс государственных органов, их финансовую, нормативную поддержку и воздействие [7, 28]. В то же время устойчивое развитие экономики невозможно без элемента микроэкономики, то есть самих хозяйствующих субъектов, предприятий любых форм собственности и масштабов.

Актуальность исследования

Взаимодействие государства и бизнеса в том или ином виде происходит в любом типе экономических систем. При этом события последних лет показывают, что вопреки классическому

© Tatarovsky Yu.A., 2025. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

представлению о том, что в условиях рыночной системы хозяйствования государство и бизнес максимально отдалены и независимы друг от друга, именно страны с развитой рыночной экономикой демонстрируют тесную связь и общность интересов бизнес-структур и государственных органов.

Отечественная экономика сегодня, по мнению ряда исследователей, стоит на пороге кардинальных изменений, противоположных по смыслу с тенденциями последних двух десятилетий XX в., направленных на глобализацию и максимальную либерализацию экономики. Доказательством этого являются запущенные государством процессы редомициляции, а также случаи национализации ряда предприятий[1], количество которых, как ожидается экспертами, может увеличиться. В профессиональной среде на сегодняшний день отсутствует единая однозначная позиция относительно позитивной либо негативной оценки данных тенденций, выделяется достаточно большой перечень как преимуществ, так и рисков, а консолидация их позиций заключается в том, что система экономических отношений в России в итоге претерпит серьезные изменения, результат которых в значительной степени неизвестен, так как зависит от множества факторов, в том числе и неизвестных широкой общественности. В данном контексте нельзя обходить стороной институциональные аспекты развития отечественной экономики, а также инерцию прошлого вектора развития [5, 6].

Особое внимание в этой ситуации уделяется среднему и крупному бизнесу, функционирующему в значимых для государства и общества сферах. Еще с начала XXI в. в России на законодательном уровне используется понятие системообразующего предприятия, а сам перечень данных предприятий регулярно претерпевает изменения по составу и количеству. Сегодня его формирование происходит на региональном уровне на основании законодательно утвержденных критериев.

В настоящее время отсутствует общепризнанное либо нормативно установленное определение системообразующего предприятия, несмотря на то, что существуют четкие критерии отнесения того или иного предприятия к данной категории. Так, анализ имеющегося нормативного материала позволяет сформулировать следующее определение системообразующего предприятия: экономический субъект различных сфер деятельности, организационно-правовых форм и форм собственности, работа которого обладает высокой экономической и (или) социальной значимостью для функционирования страны, ее развития и продвижения национальных интересов.

Литературный обзор

Большое количество прикладных исследований деятельности системообразующих предприятий проводилось в 2009–2013 гг., среди них стоит выделить работы следующих ученых.

Так, Т.Г. Скурихина и Е.А. Шушаро [22] рассматривают региональный аспект влияния системообразующих предприятий на социальную сферу. В.В. Коготовым предложен подход к их классификации [15], а И.Н. Рыковой и А.В. Торчиновой проводилась работа по систематизации и подбору оптимальных критериев для формирования их рейтингов [21].

Глубокое исследование финансовых параметров системообразующих предприятий провел А.А. Шапчиц. Им были рассмотрены ключевые финансовые коэффициенты отечественных системообразующих предприятий в контексте рентабельности, ликвидности и финансовой устойчивости за период первых волн мирового финансового кризиса (2007–2010 гг.) [29, 30].

Перед настоящим исследованием стояла задача формирования набора показателей, подходящих для риск-ориентированного мониторинга системообразующих предприятий России. Разработкой систем показателей мониторинга их финансовой безопасности занимались М.А. Тюгин, О.А. Наумова [2, 4, 18]. Ими актуализируется необходимость первоочередной постановки аналитической задачи, которая заключалась в идентификации ключевых финансовых рисков

[1] Филипенок А., Полякова В. (2024) *Какие частные компании прокуратура потребовала передать государству*. [online] Available at: https://www.rbc.ru/business/29/03/2024/64e3a6769a7947634c7c9f53 [Accessed 17.03.2025]. (in Russian).

предприятия и дальнейшем их отражении в соответствующих показателях (финансовых коэффициентах). К сильным сторонам данной методики следует отнести то, что в ней рассматриваются показатели в динамике, что дает дополнительную информацию о состоянии финансовой безопасности хозяйствующего субъекта. Однако возможности широкого ее использования ограничены раскрытием со стороны предприятия информации, необходимой для расчета ряда показателей, например зависимости от одного покупателя.

Также развитием теории риск-ориентированного информационного обеспечения занимаются и другие представители научной школы кафедры учета, анализа и экономической безопасности Самарского государственного экономического университета – В.А. Маняева, В.А. Пискунов, [3, 19] Т.Е. Татаровская [23, 24], в работах которых актуализируется необходимость проактивной работы с рисками предприятия как необходимое условие не только обеспечения экономической безопасности, но и формирования условий устойчивого развития бизнеса. Более того, данная широкая трактовка позволяет отойти от риск-ориентированного подхода как элемента тактического анализа [27] и реактивного поведения бизнеса, формируя тем самым основу стратегической экономической безопасности предприятия.

Большой вклад в развитие информационно-аналитического обеспечения экономической безопасности внесли Н.Э. Бабичева, В.И. Бариленко, Д.А. Ендовицкий, О.В. Ефимова, В.Г. Когденко, Н.П. Любушин, М.В. Мельник, Е.В. Никифорова, Т.А. Пожидаева, О.В. Рожнова, Р.Р. Чугумбаев и др. Ими предложены аналитические системы оценки конкурентоспособности в контексте экономической безопасности предприятий и корпоративных структур [10, 17], стресс-тестирования предприятий различных отраслей экономики [14] и региональных экономических систем [1, 8, 13], разрабатывались вопросы в части обеспечения устойчивого развития и мер поддержки приоритетных отраслей отечественной экономики [20], большое внимание уделялось информационному обеспечению аналитических процедур ради повышения полезности их результата для лиц, в интересах которых проводится анализ [9, 11, 12].

Также важным новшеством в развитии аналитического инструментария является включение факторов внешней среды в оценку деятельности предприятий. Так, не вызывает сомнения тот факт, что при проведении анализа деятельности как отдельного предприятия, так и совокупности хозяйствующих субъектов необходимо исследовать влияние «больших вызовов» [16], т.е. шоков внешней среды, что особенно актуально для отечественной экономики в 2020-х гг.

Таким образом, несмотря на существенный научно-методический задел, практическое применение данных наработок остается на относительно невысоком уровне. Так, даже в рамках мониторинга финансово-экономического состояния системообразующих предприятий, проводимого Министерством экономического развития Российской Федерации начиная с весны 2020 г., к сожалению, не нашли своего отражения теоретические наработки отечественных ученых. Также, несмотря на важность системообразующих предприятий для социальной и экономической жизни России, для достижения высокого уровня экономической безопасности регионального и национального уровней, отдельных исследований по их деятельности в последнее десятилетие (с 2014 г.) не проводилось – ни в контексте финансового состояния, ни в рамках оценки устойчивости развития, ни в контексте оценки рисков.

Методы и материалы

Предлагаемая методика исследования базируется на использовании риск-ориентированной системы показателей для проведения мониторинга деятельности системообразующих предприятий, которая представляет собой набор финансовых коэффициентов и показателей их динамики, позволяющих внешним пользователям (в том числе государственным органам) выявить ключевые риски, угрозы и негативные тенденции функционирования системообразующих предприятий.

Цель методики – выявление объективных рисков деятельности системообразующего предприятия, проявляющихся в изменениях финансовых параметров, а также во взаимосвязи тенденций показателей финансового состояния. Таким образом, достижение данной цели предполагает выполнение следующих задач:

– установление логической взаимосвязи между риском системообразующего предприятия и финансового показателя, который может количественно оценить наличие и влияние данного риска;

– проведение мониторинга (систематического анализа длительного периода времени) рисков деятельности системообразующих предприятий, с помощью которого возможно оперативно получать информацию о наличии и влиянии рисков;

– проведение как статической, так и динамической оценки изменения финансовых параметров системообразующих предприятий в контексте выявления тех или иных рисков.

Объектом исследования является рисковая среда отечественных системообразующих предприятий.

Предметом исследования выступают риски деятельности системообразующих предприятий Самарской области в рамках периода с 2019 по 2023 г., имеющие количественную оценку и выявляемые в рамках мониторинга финансового состояния.

Предлагаемая методика состоит из двух этапов:

Первым этапом является определение рисков, присущих системообразующим предприятиям. Для формирования объективной оценки информация о данных рисках должна обладать двумя основными ключевыми свойствами:

1) количественной оценкой;
2) доступностью внешним заинтересованным сторонам.

В рассматриваемом исследовании использовалась информация, находящаяся в открытом доступе и раскрываемая аналитическими сервисом проверки контрагентов List-org.

Так, основным источником информации выступает бухгалтерская (финансовая) отчетность, в рамках которой допускается раскрытие информации о ключевых рисках предприятия, в частности о рыночном, кредитном рисках и риске ликвидности, согласно Информации Министерства финансов Российской Федерации № ПЗ-9/2012.

При разработке риск-ориентированной системы показателей в первую очередь важно определить ключевые риски бизнеса, а также показатели, в которых они могут найти свое числовое отражение (квантифицированы). Примером соотношения групп рисков и показателей (KPI) представлены в табл. 1.

Несмотря на то, что Министерство экономического развития осуществляет мониторинг деятельности системообразующих предприятий по утвержденной им в 2020 г. методике[2], считаем, что данных, получаемых в его результате, недостаточно для комплексного анализа функционирования такой важной составляющей отечественной экономики, как системообразующие предприятия.

Рисковая среда бизнеса достаточно динамична, что требует постоянной корректировки и актуализации карты рисков предприятия. Так, начиная проведение мониторинга в 2020 г., государство в своей экономической политике стремилось не допустить закрытия предприятий в целом и роста безработицы как основного следствия данного риска, предоставляя в том числе финансовые стимулы, мотивирующие предприятия не сокращать численность своих сотрудников. Однако в реалиях 2023–2024 гг. данный риск потерял свою актуальность, так как сегодня проблемой многих предприятий является набор новых сотрудников в силу недостаточного предложения квалифицированной рабочей силы на рынке труда.

[2] Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 07.04.2020 № 207 (ред. от 16.03.2022) «Об утверждении порядка проведения мониторинга финансово-экономического состояния системообразующих организаций Российской экономики».

Таблица 1. Показатели, характеризующие риски системообразующих предприятий
Table 1. Indicators characterizing the risks of backbone enterprises

Группа рисков	Риск	Показатель
Рыночные (операционные)	Снижение конкурентоспособности продукции (Р1)	Динамика выручки
	Снижение эффективности деятельности (Р2)	Динамика показателей прибыли и рентабельности
Кредитные	Увеличение сумм дебиторской задолженности (Р3)	Динамика дебиторской задолженности
	Состояние дебиторов предприятия (Р4)	Статическая и динамическая оценка оборачиваемости дебиторской задолженности
	Потери возможности отвечать по обязательствам перед поставщиками и кредиторами (Р5)	Динамика краткосрочных обязательств
	Ухудшение платежеспособности предприятия (Р6)	Статическая и динамическая оценка степени платежеспособности по текущим обязательствам
Ликвидности и финансовой устойчивости	Снижение ликвидности предприятия (Р7)	Статическая и динамическая оценка коэффициентов ликвидности
	Снижение финансовой независимости предприятия (Р8)	Статическая и динамическая оценка коэффициента автономии

Источник: составлено автором.

Кроме того, риски, связанные с пандемией COVID-19 в 2020–2021 гг., и риски, связанные со Специальной военной операцией, начавшейся в 2022 г., кардинально различны, и если в первом случае предприятия ставили своей целью адаптироваться к новым условиям и дождаться восстановления экономики на допандемийный уровень хозяйствования, то геополитический фактор и санкционное давление недружественных государств заставляют существенно перестраивать хозяйственную деятельность внутри страны.

Также внимание в методике мониторинга отводится показателям кредитной нагрузки. Действительно, стоимость привлечения заемных ресурсов, начиная с 2022 г., существенно выросла и, по прогнозам экспертов, будет оставаться высокой в среднесрочной перспективе. С одной стороны, этот факт подтверждает логичность анализа данного показателя, с другой стороны, государством разработаны программы льготного кредитования и предоставления финансирования системообразующим предприятиям, поэтому значимость данного риска для предприятий снижается, а мониторинг данного значения логичен как элемент контроля за эффективностью принимаемых мер.

В то же время системой мониторинга не охватываются ключевые негативные процессы, присущие крупному отечественному бизнесу: низкая интенсивность и эффективность использования ресурсов предприятия, его финансовая устойчивость и ликвидность.

Так, выявленные недостатки методики мониторинга, применяемой Министерством экономического развития, можно списать на то, что мониторинг является тематическим разделом комплексного экономического анализа, задачи которого – это сбор, систематизация, прогнозирование оперативно поступающей информации, в то время как комплексное исследование происходящих процессов реализуется другими инструментами анализа и статистики. В то же время нельзя исключать и тот факт, что изменения внешней среды актуализируют внедрение корректировок в действующую методику. В связи с этим разработанная методика направлена

как раз на изучение системы экономической безопасности системообразующих предприятий, выступающей залогом устойчивого развития данных предприятий.

Второй этап заключается в том, что кроме оценки ключевых параметров, содержащихся в бухгалтерской (финансовой) отчетности системообразующих предприятий, оценивается их развитие в динамике и взаимосвязи. Так, инструментарий финансового анализа обращает внимание на выполнение ряда тенденций, свидетельствующих о сбалансированном и устойчивом развитии предприятий:

1. Одновременное условие интенсивности и эффективности использования ресурсов, заложенное в «золотом правиле» экономики (Т1):

$$Т1: 100\% < ТрА < ТрВ < ТрЧП,$$

где ТрА – темп прироста активов предприятия; ТрВ – темп прироста выручки предприятия; ТрЧП – темп прироста чистой прибыли предприятия.

2. Превышение темпа прироста оборотных активов (ТрОА) над темпом прироста внеоборотных активов (ТрВНА), что свидетельствует о повышении ликвидности предприятия и повышении мобильности его активов (Т2):

$$Т2: 100\% < ТрВНА < ТрОА.$$

3. Условие обеспечения комплексной самостоятельности (автономии) хозяйствующего субъекта, что подразумевает не только финансовую независимость от кредиторов, но и возможность суверенно принимать решения о работе предприятия. Количественно это отражается как превышение доли собственного капитала (dСК) – отношения итога 3-го раздела бухгалтерского баланса предприятия «Капитал и резервы» к пассиву предприятия, над долей заемного капитала (dЗК) – отношения суммы итогов 4-го и 5-го разделов бухгалтерского баланса к пассиву предприятия (Т3):

$$Т3: dСК > dЗК.$$

4. Условие стабильности операционной деятельности, которая характеризует значимость выручки от основного вида деятельности при формировании чистой прибыли предприятия. К сожалению, далеко не все системообразующие предприятия раскрывают информацию о денежных потоках, содержащуюся в отчете о движениях денежных средств, поэтому оценка данного параметра возможна через соотношение показателей, получаемых с помощью отчета о финансовых результатах (Т4):

$$Т4: NOPAT/ЧП > 0{,}5,$$

где ЧП – чистая прибыль предприятия по данным отчета о финансовых результатах; NOPAT – чистая операционная прибыль после налогообложения, рассчитываемая как:

$$ПоП * (1 – СНП),$$

где ПоП – прибыль от продаж, отражаемая в отчете о финансовых результатах; СНП – действующий размер ставки налога на прибыль, исчисляемый в долях единицы.

5. Условие максимизации финансовых результатов деятельности предприятий, выражающихся в сопоставлении темпов прироста показателей NOPAT (ТрNOPAT), прибыли до налогообложения (ТрПдон/о), чистой прибыли (ТрЧП) (Т5):

Т5: 100% < ТрNOPAT < ТрПдон/о < ТрЧП.

Таким образом, тенденции Т1–Т5 являются неотъемлемой частью риск-ориентированной системы показателей деятельности системообразующих предприятий. Соблюдение либо несоблюдение данных тенденций может свидетельствовать о рисках непропорционального, несбалансированного развития, что может стать причиной существенного снижения уровня экономической безопасности предприятия в будущем.

Таким образом, именно оценка тенденций развития характеризует стратегический аспект системы выявления рисков системообразующих предприятий.

Результаты и обсуждения

Исследование проводилось по трем предприятиям Самарской области, одновременно входящим в перечни системообразующих и стратегических предприятий, раскрывающих свою бухгалтерскую (финансовую) отчетность. Период исследования составил пять лет, с 2019 по 2023 г. Так как данные предприятия входят одновременно в перечни стратегических и системообразующих предприятий, их наименования и реквизиты, по которым они могли бы быть идентифицированы, заменены порядковыми номерами (1, 2, 3).

Результаты первого этапа, заключающегося в расчете указанных в табл. 1 показателей рисков, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты исследования наличия рисков у системообразующих предприятий Самарской области
Table 2. Results of the study of the presence of risks in backbone enterprises of the Samara region

Группа рисков	Риск	Условие наличия риска	Наличие (+) или отсутствие (–) риска у предприятия		
			1	2	3
Рыночные (операционные)	Р1	Отрицательная динамика	–	–	–
	Р2	Отрицательная динамика	–	+	–
Кредитные	Р3	Положительная динамика	+	+	+
	Р4	Положительная динамика	+	+	+
	Р5	Положительная динамика	+	+	–
	Р6	Значение больше 1 и положительная динамика	+	–	–
Ликвидности и финансовой устойчивости	Р7	Значение меньше 2 и отрицательная динамика	+	+	–
	Р8	Значение меньше 0,5 и отрицательная динамика	+	+	–

Источник: составлено автором по данным бухгалтерской (финансовой) отчетности исследуемых предприятий.

Таким образом, анализ рисков, описываемых финансовыми показателями, позволяет выделить четыре группы рисков и утверждать следующее:

1. Основные риски, присущие всем рассматриваемым системообразующим предприятиям, связаны с предоставлением дебиторской задолженности (Р3) и увеличением сроков оборачиваемости дебиторской задолженности (Р4). Этот факт может косвенно характеризовать бизнес-среду, когда, с одной стороны, у предприятия имеется рост масштабов деятельности, но, с другой стороны, поступление средств (погашение задолженности) затруднено. В этом ключе крайне важно следить за качеством дебитора, усиливать контрольные процедуры, так как в противном случае это может привести к убыткам, связанным с безнадежной дебиторской задолженностью и кризисом неплатежей.

2. Риски, присущие большинству предприятий, связаны с ростом краткосрочных обязательств и их влиянием на финансовое состояние предприятия: ликвидность и финансовую устойчивость (Р5, Р7, Р8). С одной стороны, системообразующее предприятие как потенциальный заемщик имеет высокую кредитоспособность, так как государство в случае возникновения кризисной ситуации будет способствовать решению его финансовых проблем. С другой стороны, сегодня стоимость привлечения кредитных ресурсов находится в пределах исторически максимальных значений для Российской Федерации, и любое увеличение объема кредитования способно существенно сократить финансовые результаты. Снижение ликвидности и финансовой автономии предприятия комплексно снижает его оценку как заемщика, а также понижает его эффективность.

3. Редко встречающиеся риски относятся к снижению эффективности функционирования предприятия (Р2) и снижению платежеспособности (Р6). В контексте развития хозяйствующих субъектов рентабельность и платежеспособность – два ключевых показателя, так как характеризуют возможности предприятия как самоинвестировать в свою деятельность, так и отвечать по своим обязательствам, относящимся к операционной деятельности (краткосрочные обязательства).

4. Риски, не свойственные предприятиям (Р1). Все рассматриваемые предприятия продемонстрировали рост выручки за рассматриваемый период. В то же время в рамках исследования не оценивалось качество этого увеличения, в частности, темп роста выручки не сравнивался с уровнем инфляции.

Вторым этапом исследования был анализ тенденций, отмеченных индексами Т1–Т5 за пять периодов. Для этого были разработаны следующие варианты описания тенденций:

«+» – тенденции соблюдались в течение всего времени наблюдения либо его большей части;

«–/+» – тенденции не соблюдались в начале наблюдения, но стали соблюдаться под его конец;

«+/–» – тенденции соблюдались в начале наблюдения, но в конце они перестали соблюдаться;

«–» – тенденции не соблюдались в течение всего времени наблюдения либо его большей части.

Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результат исследования тенденций
Table 3. Result of the trend study

Тенденция	Характеристика тенденции у предприятия		
	1	2	3
Т1	+	–	–
Т2	–/+	–	–
Т3	–	+/–	–/+
Т4	+	+	+
Т5	–	–	–

Источник: составлено автором по данным бухгалтерской (финансовой) отчетности исследуемых предприятий.

Таким образом, как показало исследование, у стратегических системообразующих предприятий Самарской области тенденции, свидетельствующие о комплексной экономической безопасности и устойчивом развитии, проявляются не в полной мере.

Так, наилучшие результаты продемонстрировало предприятие 1 (выполнялись три условия из пяти под конец наблюдения). Предприятие 3 под конец наблюдения продемонстрировало выполнение двух благоприятных тенденций, а предприятие 2 – только одного условия из пяти.

У всех рассматриваемых предприятий выполнялось только условие стабильности операционной деятельности (Т4), что является, в целом, положительным моментом, подчеркивающим тот факт, что вклад операционной деятельности в чистую прибыль достаточно велик, и это свидетельствует о высоком качестве самого итогового финансового результата.

Условие максимизации финансового результата (Т5) не выполнялось ни у одного из рассматриваемых предприятий, что говорит о проблемах в части баланса прочих доходов и расходов предприятия, налоговой оптимизации и налогового менеджмента.

В равной степени редко по итогам конца рассматриваемого периода выполнялись:

– комплексное условие интенсивности и эффективности деятельности (Т1), что выявляет проблемы в части деловой активности и рентабельности стратегических системообразующих предприятий;

– условие обеспечения ликвидности предприятия (Т2), что говорит о снижении кредитоспособности (качества заемщика) стратегических системообразующих предприятий Самарской области; это в будущем может привести к неблагоприятным последствиям, в том числе и банкротству;

– условие финансовой независимости (Т3), что является одной из самых опасных ситуаций, так как финансовая зависимость от кредитора – это не только повышенные затраты на обслуживание займов и снижение качества предприятия как заемщика. Это один из основных индикаторов риска потенциального рейдерского захвата и потери самостоятельности в ведении хозяйственной деятельности. На данную тенденцию необходимо в первую очередь обращать внимание государственным органам при разработке экономической политики в отношении системообразующих предприятий.

Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования была сформирована методика анализа ключевых рисков, с которыми могут столкнуться системообразующие предприятия. Отдельное место в методике было отведено изучению тенденций, что важно, так как именно в них проявляются основные позитивные либо негативные процессы на предприятии.

Апробация методики на стратегических системообразующих предприятиях Самарской области выявила ряд ключевых рисков и неблагоприятных тенденций, с которыми сталкиваются данные предприятия.

Направление дальнейших исследований

Данная статья является продолжением комплексного исследования автора, посвященного деятельности системообразующих предприятий (на примере Самарской области) [25, 26]. Описанная в статье методика мониторинга может быть применена для оценки экономической безопасности и рисков всех системообразующих предприятий как в Самарской области, так и в других регионах, в том числе и на федеральном уровне.

Кроме того, информация, получаемая в результате данного исследования, либо некоторые принципы, положенные в основу описанной методики, могут быть полезны Правительственной комиссии по устойчивости экономики.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Chugumbaev R.R., Fedotova G.V., Nesterenko Y.N., Chugumbaeva N., Barilenko V.I. (2020) Strategic Control as a Tool of Effective Management of Region's Economy. In: *Growth Poles of the Global Economy: Emergence, Changes and Future Perspectives* (*eds. E. Popkova*), 73, 25–36. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-15160-7_3

2. Naumova O.A., Tyugin M.A. (2021) Information and Analytical Support for Enterprise Business Management. *Current Achievements, Challenges and Digital Chances of Knowledge Based Economy* (*eds. S.I. Ashmarina, V.V. Mantulenko*), 133, 295–303. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-47458-4_35

3. Piskunov V.A., Manyayeva V.A., Tatarovskaya T.E., Bychkova E.Y. (2016) Risk-Oriented Internal Control: the Essence, Management Methods at Small Enterprises. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 11 (7), 2710–2731.

4. Tishkov S.V., Shcherbak A.P., Naumova O.A. (2022) Digital Sales as Factor for Improving Efficiency of Automotive Companies Financial Management. In: *Digital Technologies in the New Socio-Economic Reality* (eds. S.I. Ashmarina, V.V. Mantulenko), 304, 345–354. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-83175-2_44

5. Аузан А.А., Лепетиков Я.Д., Ситкевич Д.А. (2022) Колея и маятник: влияние ловушки предшествующего развития на динамику институциональных изменений. *Вопросы теоретической экономики*, 1 (14), 24–47. DOI: https://doi.org/10.52342/2587-7666VTE_2022_1_24_47

6. Аузан А.А. (2015) «Эффект колеи». Проблема зависимости от траектории предшествующего развития – эволюция гипотез. *Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика*, 1, 3–17.

7. Акмаева Р.И., Бабкин А.В. (2022) О стратегиях развития российских организаций в новой реальности. В книге: *Стратегическое управление устойчивым развитием экономики в новой реальности* (под ред. А.В. Бабкина), СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 121–152. DOI: https://doi.org/10.18720/IEP/2022.2/3

8. Бариленко В.И. (2022) Аналитическое обеспечение управления устойчивым развитием в неустойчивом мире. *РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция*, 2, 49–56. DOI: https://doi.org/10.56584/1560-8816-2022-2-49-56

9. Головинов О.Н., Пожидаева Т.А. (2024) Комплексный подход к анализу платежеспособности организации на основе публичной информации. *Современная экономика: проблемы и решения*, 3 (171), 91–103. DOI: https://doi.org/10.17308/meps/2078-9017/2024/3/91-103

10. Ендовицкий Д.А., Подлесных С.А. (2020) Конкурентоспособность в системе обеспечения экономической безопасности организации. *Современная экономика: проблемы и решения*, 6, 61–75. DOI: https://doi.org/10.17308/meps.2020.6/2384

11. Ефимова О.В. (2020) Формирование информации о денежных потоках в целях принятия инвестиционных решений. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление*, 2, 116–130. DOI: https://doi.org/10.17308/econ.2020.2/2895

12. Ефимова О.В., Рожнова О.В. (2020) Аналитичность финансовой отчетности в фокусе пандемии COVID-19. *Экономический анализ: теория и практика*, 19 (10), 1794–1821. DOI: https://doi.org/10.24891/ea.19.10.1794

13. Журавлев Д.С., Когденко В.Г. (2021) Управление рисками компании и мониторинг финансового состояния в условиях кризиса (на примере ПАО НОВАТЭК). *Материалы Второго Международного научно-практического форума по экономической безопасности «VII ВСКЭБ»*, 379–386.

14. Когденко В.Г. (2020) Разработка алгоритмов стресс-тестирования компаний (на примере металлургии). *Экономический анализ: теория и практика*, 19 (8), 1458–1489. DOI: https://doi.org/10.24891/ea.19.8.1458

15. Коготов, В.В. (2012) Классификация системообразующих предприятий. *Финансы и кредит*, 9 (489), С. 72–78.

16. Любушин Н.П., Бабичева Н.Э., Купрюшина О.М., Ханин Д.Г. (2021) Методика формирования показателей оценки устойчивого развития экономических субъектов в условиях больших вызовов. *Экономический анализ: теория и практика*, 20 (11), 1994–2020. DOI: https://doi.org/10.24891/ea.20.11.1994

17. Мельник М.В. (2020) Обеспечение экономической безопасности корпоративных структур. *Инновационное развитие экономики*, 6 (60), 310–318.

18. Наумова О.А., Тюгин М.А. (2018) Методика мониторинга финансовой безопасности экономического субъекта на основе оценки риска наступления финансовых угроз. *Цифровая экономика и инновации*, 2, 34–41. DOI: https://doi.org/10.18323/2221-5689-2018-2-34-41

19. Наумова О.А., Тарасова Т.М., Татаровский Ю.А. (2024) Развитие научной школы кафедры учета, анализа и экономической безопасности Самарского государственного экономического университета. *Учет. Анализ. Аудит*, 11 (2), 98–105. DOI: https://doi.org/10.26794/2408-9303-2024-11-2-98-105

20. Никифорова Е.В., Бариленко В.И., Музалев С.В. (2022) Аналитическое обоснование поддержки развития приоритетных отраслей российской экономики. *РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция*, 2, 27–37. DOI: https://doi.org/10.56584/1560-8816-2022-2-27-37

21. Рыкова И.Н., Торчинова А.В. (2012) Рейтинговая система оценки деятельности системообразующих предприятий России. *Вестник Института дружбы народов Кавказа* (*Теория экономики и управления народным хозяйством*). *Экономические науки*, 1 (21), 12–18.

22. Скурихина Т.Г., Шушаро Е.А. (2010) Роль системообразующего предприятия в решении вопросов местного значения на уровне сельского поселения. *Вестник Челябинского государственного университета*, 2 (183), 42–46.

23. Татаровская Т.Е. (2020) Риск-ориентированная система экономической безопасности предприятия. *Экономика, предпринимательство и право*, 10 (3), 575–586. DOI: https://doi.org/10.18334/epp.10.3.100686

24. Татаровская Т.Е., Татаровский Ю.А. (2016) Информационное обеспечение конкурентного анализа коммерческой организации. *Сибирская финансовая школа*, 6 (119), 51–57.

25. Татаровский Ю.А. (2024) Исследование количества, состава и качества информации, раскрываемой системообразующими предприятиями (на примере Самарской области), *π-Economy*, 17 (2), 131–146. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.17207

26. Татаровский Ю.А. (2024) Теоретические аспекты формирования системы экономической безопасности системообразующих предприятий. *Российская наука: актуальные исследования и разработки*, 275–278.

27. Филимонов С.В. (2020) Риск-ориентированный подход как элемент тактического анализа компании. *Экономика. Бизнес. Банки*, 4 (42), 100–108.

28. Хайкин М.М., Бабкин А.В. (2022) Проблемы обеспечения экономической безопасности промышленного предприятия в условиях современных геополитических реалий. *Организатор производства*, 30 (4), 165–176. DOI: https://doi.org/10.36622/VSTU.2022.30.4.015

29. Шапчиц А.А. (2012) Кредитоспособность системообразующих предприятий России: ликвидность и финансовая устойчивость. *Финансовая аналитика: проблемы и решения*, 5 (35 (125)), 44–57.

30. Шапчиц А.А. (2012) Кредитоспособность системообразующих предприятий России: рентабельность. *Финансовая аналитика: проблемы и решения*, 5 (17 (107)), 45–52.

REFERENCES

1. Chugumbaev R.R., Fedotova G.V., Nesterenko Y.N., Chugumbaeva N., Barilenko V.I. (2020) Strategic Control as a Tool of Effective Management of Region's Economy. In: *Growth Poles of the Global Economy: Emergence, Changes and Future Perspectives* (eds. E. Popkova), 73, 25–36. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-15160-7_3

2. Naumova O.A., Tyugin M.A. (2021) Information and Analytical Support for Enterprise Business Management. In: *Current Achievements, Challenges and Digital Chances of Knowledge Based Economy* (eds. S.I. Ashmarina, V.V. Mantulenko), 133, 295–303. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-47458-4_35

3. Piskunov V.A., Manyayeva V.A., Tatarovskaya T.E., Bychkova E.Y. (2016) Risk-Oriented Internal Control: the Essence, Management Methods at Small Enterprises. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 11 (7), 2710–2731.

4. Tishkov S.V., Shcherbak A.P., Naumova O.A. (2022) Digital Sales as Factor for Improving Efficiency of Automotive Companies Financial Management. In: *Digital Technologies in the New Socio-Economic Reality* (eds. S.I. Ashmarina, V.V. Mantulenko), 304, 345–354. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-83175-2_44

5. Auzan A., Lepetikov Ya., Sitkevich D. (2022) Track and pendulum: impact of the past dependence problem on the dynamics of institutional change. *Issues of Economic Theory*, 1 (14), 24–47. DOI: https://doi.org/10.52342/2587-7666VTE_2022_1_24_47

6. Auzan A.A. (2015) Path dependence problem: The evolution of approaches. *Moscow University Economic Bulletin*, 1, 3–17.

7. Akmaeva R.I., Babkin A.V. (2022) On the development strategies of Russian organizations in the new reality. In: *Strategicheskoe upravlenie ustoichivym razvitiem ekonomiki v novoi real'nosti* [*Strategic management of sustainable economic development in the new reality*] (eds. A.V. Babkin), St. Petersburg: POLITEKH-PRESS, 121–152. DOI: https://doi.org/10.18720/IEP/2022.2/3

8. Barilenko V.I. (2022) Analytical support for sustainable development management in an unstable world. *RISK: Resources, Information, Supply, Competition*, 2, 49–56. DOI: https://doi.org/10.56584/1560-8816-2022-2-49-56

9. Golovinov O.N., Pozhidaeva T.A. (2024) An integrated approach to analyzing the solvent capacity of an organization based on public information. Modern Economics: Problems and Solutions, 3, 91–103. DOI: https://doi.org/10.17308/meps/2078-9017/2024/3/91-103

10. Endovitsky D.A., Podlesnykh S.A. (2020) Competitiveness in the organization economic security system. *Modern Economics: Problems and Solutions*, 6, 61–75. DOI: https://doi.org/10.17308/meps.2020.6/2384

11. Efimova O.V. (2020) Formation of information on cash flows for the purpose of investment decisions. *Eurasian Journal of Economics and Management*, 2, 116–130. DOI: https://doi.org/10.17308/econ.2020.2/2895

12. Efimova O.V., Rozhnova O.V. (2020) Analytical capacity of financial statements against the backdrop of the COVID-19 pandemic. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 19 (10), 1794–1821. DOI: https://doi.org/10.24891/ea.19.10.1794

13. Zhuravlev D.S., Kogdenko V.G. (2021) Upravlenie riskami kompanii i monitoring finansovogo sostoianiia v usloviiakh krizisa (na primere PAO NOVATEK) [Risk management of the company and monitoring of the financial condition in times of crisis (using the example of public JSC NOVATEK)]. *Materialy Vtorogo Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma po ekonomicheskoi bezopasnosti "VII VSKEB"* [*Proceedings of the Second International Scientific and Practical Forum on Economic Security "VII VSKEB"*], 379–386.

14. Kogdenko V.G. (2020) Developing the stress testing algorithms for companies: A metal industry case study. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 19 (8), 1458–1489. DOI: https://doi.org/10.24891/ea.19.8.1458

15. Kogotov V.V. (2012) Klassifikatsiia sistemoobrazuiushchikh predpriiatii [Classification of systemically important enterprises]. *Finance and Credit*, 9 (489), C. 72–78.

16. Lyubushin N.P., Babicheva N.E., Kupryushina O.M., Khanin D.G. (2021) The economic analysis of the impact of grand challenges on sustainability and continuity of business entities' activities. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 20 (11), 1994–2020. DOI: https://doi.org/10.24891/ea.20.11.1994

17. Melnik M.V. (2020) Ensuring the economic security of corporate structures. *Innovative Development of Economy*, 6 (60), 310–318.

18. Naumova O.A., Tyugin M.A. (2018) The technique of monitoring the financial security of the economic entity based on the assessment of financial threatening risk. *Digital Economy & Innovations*, 2, 34–41. DOI: https://doi.org/10.18323/2221-5689-2018-2-34-41

19. Naumova O.A., Tarasova T.M., Tatarovsky Yu.A. (2024) Development of the scientific school of the department of accounting, analysis and economic security of the Samara State University of Economics. *Accounting. Analysis. Auditing*, 11 (2), 98–105. DOI: https://doi.org/10.26794/2408-9303-2024-11-2-98-105

20. Nikiforova E.V., Barilenko V.I., Muzalev S.V. (2022) Analytical substantiation of support for the development of priority sectors of the Russian economy. *RISK: Resources, Information, Supply, Competition*, 2, 27–37. DOI: https://doi.org/10.56584/1560-8816-2022-2-27-37

21. Rykova I.N., Torchinova A.V. (2012) Reitingovaia sistema otsenki deiatel'nosti sistemoobrazuiushchikh predpriiatii Rossii [Rating system for assessing the activities of systemically important enterprises in Russia]. *Bulletin of the Institute of Friendship of the Peoples of the Caucasus* (*Theory of Economics and Management of the National Economy*). *Economic Sciences*, 1 (21), 12–18.

22. Skurikhina T.G., SHusharo E.A. (2010) Rol' sistemoobrazuiushchego predpriiatiia v reshenii voprosov mestnogo znacheniia na urovne sel'skogo poseleniia [The role of a systemically important enterprise in solving issues of local importance at the level of a rural settlement]. *Bulletin of Chelyabinsk State University*, 2 (183), 42–46.

23. Tatarovskaya T. E. (2020) The risk-oriented system of economic security of enterprise. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 10 (3), 575–586. DOI: https://doi.org/10.18334/epp.10.3.100686

24. Tatarovskaya T., Tatarovsky Yu. (2016) Information support of the competitive analysis of the commercial organization. *Sibirskaya Finansovaya Shkola*, 6 (119), 51–57.

25. Tatarovsky Y.A. (2024) Research of the quantity, composition and quality of information disclosed by backbone enterprises (on the example of the Samara region). *π-Economy*, 17 (2), 131–146. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.17207

26. Tatarovskii Yu.A. (2024) Teoreticheskie aspekty formirovaniia sistemy ekonomicheskoi bezopasnosti sistemoobrazuiushchikh predpriiatii [Theoretical aspects of the formation of the economic security system of systemically important enterprises]. *Rossiiskaia nauka: aktual'nye issledovaniia i razrabotki* [*Russian Science: Current Research and Developments*], 275–278.

27. Filimonov S.V. (2020) Risk-based approach as an element of the company's tactical analysis. *Economics. Business. Banks*, 4 (42), 100–108.

28. Haykin M.M., Babkin A.V. (2022) Problems of ensuring the economic security of an industrial enterprise in the conditions of modern geopolitical realities the safety of economic. *Organizer of Production*, 30 (4), 165–176. DOI: https://doi.org/10.36622/VSTU.2022.30.4.015

29. Shapchits A.A. (2012) Kreditosposobnost' sistemoobrazuiushchikh predpriiatii Rossii: likvidnost' i finansovaia ustoichivost' [Creditworthiness of systemically important enterprises of Russia: liquidity and financial stability]. *Financial Analytics: Science and Experience*, 5 (35 (125)), 44–57.

30. Shapchits A.A. (2012) Kreditosposobnost' sistemoobrazuiushchikh predpriiatii Rossii: rentabel'nost' [Creditworthiness of Russia's systemically important enterprises: profitability]. *Financial Analytics: Science and Experience*, 5 (17 (107)), 45–52.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

ТАТАРОВСКИЙ Юрий Алексеевич
E-mail: tatarovsky.yury@yandex.ru
Yury A. TATAROVSKY
E-mail: tatarovsky.yury@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-3671-9890

Поступила: 18.02.2025; Одобрена: 17.03.2025; Принята: 17.03.2025.
Submitted: 18.02.2025; Approved: 17.03.2025; Accepted: 17.03.2025.

π-Economy. 2025, Том 18, № 2. С. 164–178.
π-Economy. 2025, Vol. 18, No. 2. Pp. 164–178.

Экономико-математические методы и модели
Economic & mathematical methods and models

Научная статья
УДК 332.1
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18210
EDN: https://elibrary/WMUUEO

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ СТРАН ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПОРТЕРОВ НЕФТИ

З.А. Саранин , А.Е. Схведиани ✉

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ shvediani_ae@spbstu.ru

Аннотация. Организация стран – экспортеров нефти (ОПЕК) объединяет крупнейших экспортеров нефти со всего мира, которые определяют объемы поставок и цены углеводородов на мировых рынках. Однако их доходы напрямую зависят от спроса, который устанавливается экономической конъюнктурой и темпами роста ведущих экономик мира. Таким образом, цель исследования состоит в оценке взаимосвязей между макроэкономическими показателями и ВВП стран ОПЕК. Для проведения моделирования были собраны данные по 11 странам ОПЕК за период с 1990 по 2023 г. Оценка взаимосвязей производилась с помощью моделей сквозной регрессии, моделей со случайными и фиксированными эффектами. Для выбора между моделями с фиксированными и случайными эффектами использовался тест Хаусмана. Для выбора между моделями одной группы использовались информационный критерий Акаике (AIC) и Байесовский информационный критерий (BIC). Также для тестирования моделей на вложенность использовался тест отношения правдоподобия (LR-тест). Зависимые и независимые переменные были прологарифмированы. Дополнительно для выявления нелинейных зависимостей в модель были включены квадраты независимых переменных. По результатам проведенного анализа было выявлено наличие значимых нелинейных взаимосвязей между экономическим развитием стран ОПЕК, выраженным в ВВП, и такими показателями, как ежедневная добыча нефти, численность населения, ежедневный мировой спрос на нефть, обменный курс, спотовая цена на основную марку нефти, уровень безработицы. При этом J-образная зависимость наблюдается только с численностью населения стран-экспортеров, обратная J-образная зависимость – с объемами ежедневного мирового спроса на нефть. Последняя может потенциально свидетельствовать о симптомах Голландской болезни у исследуемых стран в периоды высокого мирового спроса на нефть. Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования экономической политики стран ОПЕК.

Ключевые слова: эконометрическое моделирование, экономический рост, страны – экспортеры нефти, социально-экономические факторы, нефть

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания «Разработка методологии формирования инструментальной базы анализа и моделирования пространственного социально-экономического развития систем в условиях цифровизации с опорой на внутренние резервы» (FSEG-2023-0008).

Для цитирования: Саранин З.А., Схведиани А.Е. (2025) Эконометрическое моделирование факторов развития стран организации экспортеров нефти. π-Economy, 18 (2), 164–178. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18210

© Саранин З.А., Схведиани А.Е., 2025. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18210

ECONOMETRIC MODELLING OF OIL EXPORT COUNTRIES DEVELOPMENT

Z.A. Saranin , A.E. Skhvediani ✉

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation

✉ shvediani_ae@spbstu.ru

Abstract. The Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) brings together the largest oil exporters from around the world, which determine the volumes of supplies and prices of hydrocarbons on the global market. However, their income directly depends on demand, which is influenced by the economic conditions and growth rates of the world's leading economies. Therefore, the purpose of this study is to analyze the relationship between macroeconomic indicators and the GDP of OPEC members. For this analysis, data from 11 OPEC countries for the period from 1990 to 2023 were collected. The relationships between variables were estimated using pooled regression models, as well as models with random and fixed effects. The Hausman test was used to choose between fixed and random effects models. The Akaike information criterion (AIC) and Bayesian information criterion (BIC) were used to choose between models in the same group. Additionally, the likelihood ratio test (LR test) was used to test the models are nested. The dependent and independent variables were logarithmized. Furthermore, the squares of independent variables were incorporated into the model to detect nonlinear dependencies. Significant nonlinear relationships were identified between the economic development of OPEC countries, expressed in GDP and several indicators, including daily oil production, population, daily world demand for oil, exchange rate, spot price of the mail oil brand, unemployment. At the same time, a J-shaped dependence was observed only for the population of oil-exporting countries, while an inverse J-shaped dependence was observed for daily world demand for oil. The latter may potentially suggest symptoms of Dutch disease in the countries under study during periods of high world demand for oil. The findings of the study could be used to improve the economic policies of OPEC countries.

Keywords: econometric modeling, economic growth, oil-exporting countries, socio-economic factors, oil

Acknowledgements: The research was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment "Development of a methodology for instrumental base formation for analysis and modeling of the spatial socio-economic development of systems based on internal reserves in the context of digitalization" (FSEG-2023-0008).

Citation: Saranin Z.A., Skhvediani A.E. (2025) Econometric modelling of oil export countries development. π-Economy, 18 (2), 164–178. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18210

Введение

На долю членов Организации стран – экспортеров нефти (ОПЕК) приходится порядка 60% разведданных запасов мировой нефти а также примерно 80% мирового экспорта[1] [1]. Следовательно, страны ОПЕК оказывают значительное влияние на развитие мировой экономики путем регулирования объемов предложения на рынке нефти. С другой стороны, их доходы напрямую зависят от спроса, который определяется экономической конъюнктурой и темпами роста ведущих экономик мира. Как следствие, исследование факторов экономического роста стран ОПЕК актуально ввиду их большей уязвимости к нефтяным шокам, чем у развитых стран [2, 3]. Также к изучению этого вопроса подталкивают факт истощения мировых запасов нефти и проблема

[1] Bromberg M. (2024) *OPEC's Influence on Global Oil Prices*. [online] Available at: https://www.investopedia.com/ask/answers/060415/how-much-influence-does-opec-have-global-price-oil.asp [Accessed 18.03.2025].

© Saranin Z.A., Skhvediani A.E., 2025. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

незначительного инвестирования в неэнергетические отрасли, решение которой могло бы минимизировать последствия нефтяных шоков для стран-экспортеров [4].

Таким образом, актуальным является проведение эконометрического анализа, результаты которого могут быть использованы в качестве основы для принятия экономических решений странами ОПЕК в будущем, а также для анализа их экономического развития.

Литературный обзор

На экономическое развитие и, как следствие, на экономический рост стран оказывает влияние множество факторов. В рамках данного исследования авторы сконцентрировались на изучении таких факторов, как объем спроса и предложения нефти, динамика численности населения, динамика обменного курса и показатели безработицы стран-экспортеров.

Объем спроса и предложения нефти. Различные факторы, связанные с добычей, переработкой и сбытом нефти оказывают сильное влияние на экономическое развитие нефтедобывающих стран. Так, в работе [5] была исследована взаимосвязь между экспортом нефти и экономическим ростом для стран «Группы одиннадцати» (Next Eleven) за период 1996–2016 гг. с использованием методологии нелинейных панельных данных. В результате у стран с низким уровнем финансового развития низкий увеличение экспорта нефти не оказывает статистически значимого влияния на экономический рост. А у стран с высоким уровнем финансового развития увеличение экспорта нефти на одну единицу приводит к увеличению экономического роста на 7%. Другое исследование [6] было направлено на изучение взаимосвязи экономического роста и добычи нефти в евразийских государствах на примере Азербайджана, Российской Федерации, Туркменистана и Казахстана в период с 1993 по 2010 г. Эмпирические результаты показывают, что существует положительная двунаправленная причинно-следственная связь между добычей нефти и экономическим ростом как в долгосрочной, так и в краткосрочной перспективе. В работе [7] авторы рассматривали обоснованность гипотезы экспортно-ориентированного роста в Объединенных Арабских Эмиратах (ОАЭ) за период 1975–2012 гг. с использованием неоклассической производственной функции. Результаты исследования подтверждают существование долгосрочной положительной связи между экспортом нефти и экономическим ростом в ОАЭ.

В исследовании [8] было отмечено, что страны, которые получают доход за счет экспорта нефти, ввиду роста цен на нее в конце концов теряют свою конкурентоспособность на внешних рынках, поскольку не желают инвестировать в исследования и разработки, технологии и повышение производительности. Такая ситуация приводит к тому, что экономики стран становятся зависимыми от импорта, что увеличивает дефицит их текущего счета и снижает темпы роста. Однако эта точка зрения не является единственной. Так, в исследовании [9] с помощью методов статистического анализа было обнаружено, что в странах-экспортерах корреляция между колебаниями цен на нефть и экономическим ростом усиливается благодаря эффекту масштаба. За счет положительных изменений цен на нефть эти страны могут обеспечить более интенсивный экономический рост.

Что касается взаимосвязи экономического роста и потребления нефти, то здесь стоит отметить исследование [10], в котором изучался этот вопрос на примере Китая за период 1981–2016 гг. с применением модифицированного метода наименьших квадратов. Результаты исследования подтвердили наличие долгосрочного положительного влияния потребления нефти на экономический рост. К похожим выводам пришли в исследовании [11], где изучался вопрос влияния невозобновляемой энергии на экономический рост среди ведущих нефтедобывающих экономик Африки в период 1980–2015 гг. Исследование выявило доказательства положительного влияния потребления нефти и природного газа на экономический рост.

Таким образом, в ходе данного исследования будут проверены следующие гипотезы: *H1* – существует значимая положительная взаимосвязь между ценой марки нефти, входящей в корзину ОПЕК, и экономическим развитием стран ОПЕК; *H2* – существует значимая положительная

взаимосвязь между добычей нефти и экономическим развитием стран ОПЕК; *H3* – существует значимая положительная взаимосвязь между спросом на нефть и экономическим развитием стран ОПЕК.

Динамика численности населения. Увеличение населения является одним из важных факторов экономического развития большинства стран. Так, в работе [12] была поставлена цель обнаружения связи между ростом населения и общим экономическим ростом за последние 200 лет. По результатам статистического моделирования было обнаружено, что низкий рост населения в странах с высоким уровнем дохода в будущем создаст предпосылки к снижению экономического роста, в то время как высокий рост населения в странах с низким уровнем дохода может замедлить экономический рост. Исследование [13] было посвящено изучению роста населения в Нигерии и оценке его влияния на экономический рост за период 1980–2010 гг. с использованием методов регрессионного анализа. Результат показал, что существует положительная взаимосвязь между экономическим ростом и ростом населения в этой стране. К схожей точке зрения приходят авторы в исследовании [14], в котором изучается взаимосвязь между экономическим ростом и ростом населения в Кении. В исследовании использовались данные годовых временных рядов за период с 1963 по 2009 г. с применением метода векторной авторегрессии. Исходя из полученных результатов, исследователи делают вывод о том, что рост населения положительно скажется на экономическом росте.

Таким образом, в ходе данного исследования будет проверена следующая гипотеза как наиболее релевантная согласно проведенному литературному анализу: *H4* – существует значимая положительная взаимосвязь между приростом населения и экономическим развитием стран ОПЕК.

Обменный курс. Согласно проведенным исследованиям, обменный курс оказывает достаточное влияние на экономику страны [15]. Традиционная точка зрения утверждает, что существует положительная связь между обменным курсом и экономическим ростом: рост первого увеличивает чистый объем экспорта и таким образом положительно влияет на второй из-за увеличения общего спроса. Однако авторы в исследовании [16] утверждают, что существует обратная связь между обменным курсом и экономическим ростом, особенно в развивающихся странах. В этом исследовании, используя квартальные данные с 2002 по 2019 г. по Турции, на основании результатов проведенных статистических тестов было эмпирически доказано, что существует отрицательная причинно-следственная связь между обменным курсом и экономическим ростом. Исследование [17], в котором изучается вопрос влияния колебаний обменного курса на экономический рост Пакистана, также подтверждает полученные выводы. Результаты динамических авторегрессионных моделей с распределенным лагом (ARDL) показывают, что на показатели экономического роста этой страны значимо отрицательно влияют колебания обменного курса.

Таким образом, в ходе данного исследования будет проверена следующая гипотеза: *H5* – существует значимая отрицательная взаимосвязь между обменным курсом и экономическим развитием стран ОПЕК.

Безработица. Безработица в контексте государственной политики страны оказывает сильное влияние на экономический рост государства. Так, в работе [18] была поставлена цель определить наличие качественной взаимосвязи уровня безработицы и экономического роста. По результатам эконометрического моделирования было доказано наличие строго отрицательной связи между уровнем безработицы и уровнем экономического развития. В исследовании [19] изучается влияние безработицы на экономический рост в Нигерии с использованием ARDL. Исследование показало, что безработица оказывает отрицательное влияние на экономический рост страны. К аналогичным заключениям приходят авторы в исследовании [20], в котором был изучен вопрос о влиянии безработицы на экономику Иордании в период с 1991 по 2019 г. Эмпирические данные указывают на долгосрочную взаимосвязь между уровнем безработицы и

экономическим ростом. Результаты показывают отрицательную связь между ними в Иордании. К альтернативному мнению приходят авторы в исследовании [21], которое направлено на изучение причинно-следственных связей между безработицей и экономическим ростом в Южной Африке. В этом исследовании изучаются эффекты причинно-следственной связи рассматриваемых переменных с использованием данных временных рядов с 1980 по 2018 г. с использованием векторной авторегрессии. Результаты показывают, что безработица не влияет на экономический рост в краткосрочной перспективе.

Таким образом, в ходе данного исследования будет проверена следующая гипотеза: *Н6* – существует значимая отрицательная взаимосвязь между безработицей и экономическим развитием стран ОПЕК.

Однако, несмотря на имеющиеся эмпирические и теоретические результаты в части оценки влияния различных факторов на экономическое развитие стран и регионов, остается важным их уточнение для такого специфического объединения государств, как страны ОПЕК, ввиду их высокой доли в объеме разведанных запасов мировой нефти и мирового экспорта.

Цель исследования заключается в проведении эконометрического моделирования и оценки факторов экономического развития стран ОПЕК с учетом их роли как основных поставщиков невозобновляемых энергоресурсов для мировой экономики.

Объект исследования – страны ОПЕК.

Предмет исследования – экономическое развитие стран ОПЕК.

Задачи исследования:

1) провести анализ литературных источников с целью выявления значимых факторов, оказывающих влияние на экономическое развитие стран ОПЕК;

2) сформулировать гипотезы о взаимосвязи отдельных факторов с показателем экономического развития стран ОПЕК на основании результатов анализа литературы;

3) собрать и организовать данные по странам ОПЕК за период с 1990 по 2023 г. по выявленным факторам;

4) провести эконометрический анализ факторов экономического развития стран ОПЕК, используя модели сквозной регрессии, модели со случайными эффектами, модели с фиксированными эффектами;

5) сделать выводы о полученных взаимосвязях.

Материалы и методы

Данные

Эконометрическое моделирование проводилось с использованием сбалансированной панели 11 стран ОПЕК: Алжира, Конго, Экваториальной Гвинеи, Габона, Ирана, Ирака, Кувейта, Ливии, Нигерии, Саудовской Аравии, ОАЭ – за период с 1990 по 2023 г. Данные были получены из базы данных Всемирного банка[2].

По результатам проведенного литературного обзора было выделено шесть основных факторов, связанных с ВВП стран ОПЕК: обменный курс, ежедневная добыча сырой нефти, ежедневный мировой спрос на нефть, значение спотовых цен для основных сортов нефти, рост населения и уровень безработицы. В табл. 1 выполнено описание факторов, которые были использованы для исследования.

В ходе эконометрического анализа были построены три модели: модель сквозной линейной множественной регрессии, модель с фиксированными эффектами и модель со случайными эффектами в программной среде STATA. Этот математический аппарат используется для моделирования динамики региональных систем с целью выявления статистически значимых взаимосвязей [22, 23].

[2] World Bank Open Data. *World Bank Group*. [online] Available at: https://data.worldbank.org/ [Accessed 4.09.2024].

Таблица 1. Систематизация и описание используемых факторов
Table 1. Systematization and description of the factors used

Обозначение фактора	Значение фактора	Единицы измерения	Источники	Ожидаемое влияние	Гипотеза
Зависимая переменная					
GDP_{it}	Валовой внутренний продукт	млн USD	/	/	/
Независимые переменные					
ORB_{it}	Спотовая цена на основную марку нефти	USD/бар.	[8, 9]	+	*H1*
DM_{it}	Ежедневная добыча нефти	1000 бар./день	[5–7]	+	*H2*
GD_{it}	Ежедневный мировой спрос на нефть	1000 бар./день	[10, 11]	+	*H3*
POP_{it}	Численность населения	млн чел.	[12–14]	+	*H4*
ER_{it}	Обменный курс	у.е./1 USD	[15–17]	–	*H5*
UEM_{it}	Уровень безработицы	%	[18–21]	–	*H6*

Методы

Уравнения (1)–(3) соответствуют спецификациям для моделей сквозной регрессии (OLS):

$$\ln GDP_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln ER_{it} + \beta_2 \ln DM_{it} + \beta_3 \ln GD_{it} + \\ + \beta_4 \ln ORB_{it} + \beta_5 \ln POP_{it} + \beta_6 \ln UEM_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

$$\ln GDP_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln ER_{it} + \beta_2 \ln DM_{it} + \beta_3 \ln GD_{it} + \beta_4 \left(\ln GD_{it}\right)^2 + \beta_5 \ln ORB_{it} + \\ + \beta_6 \left(\ln ORB_{it}\right)^2 + \beta_7 \ln POP_{it} + \beta_8 \left(\ln POP_{it}\right)^2 + \beta_9 \ln UEM_{it} + \beta_{10} \left(\ln UEM_{it}\right)^2 + \varepsilon_{it}, \quad (2)$$

$$\ln GDP_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln ER_{it} + \beta_2 \left(\ln ER_{it}\right)^2 + \beta_3 \ln DM_{it} + \\ + \beta_4 \left(\ln DM_{it}\right)^2 + \beta_5 \ln GD_{it} + \beta_6 \left(\ln GD_{it}\right)^2 + \beta_7 \ln ORB_{it} + \beta_8 \left(\ln ORB_{it}\right)^2 + \\ + \beta_9 \ln POP_{it} + \beta_{10} \left(\ln POP_{it}\right)^2 + \beta_{11} \ln UEM_{it} + \beta_{12} \left(\ln UEM_{it}\right)^2 + \varepsilon_{it}, \quad (3)$$

где β_0 – константа модели; β_1, ..., β_k – оценки параметров регрессионной модели; ε_{it} – случайная ошибка; ln – натуральный логарифм.

Аналогичные уравнения использовались для оценки моделей с фиксированными (FE) и случайными эффектами (RE).

Зависимые и независимые переменные были логарифмированы для обеспечения линейности модели по параметрам. Также для учета возможных нелинейных связей между факторами логарифмированные значения независимых переменных были возведены в квадрат.

Использовались модели с фиксированными эффектами, так как они позволяют оценить взаимосвязи между показателями с учетом наличия неизменных во времени характеристик объектов исследования, корреляции между остатками модели и независимыми переменными. В моделях со случайными эффектами предполагается отсутствие корреляции между остатками и независимыми переменными. Для выбора между моделями использовался тест Хаусмана, с помощью которого сравниваются оценки, полученные в моделях с фиксированными эффектами, и оценки, полученные в моделях со случайными эффектами. Если оценки параметров двух моделей статистически не отличаются друг от друга, то делается выбор в пользу модели со случайными эффектами, а если отличаются – то в пользу модели с фиксированными эффектами [24, 25].

Для выбора между моделями одной группы использовались информационный критерий Акаике (AIC) и Байесовский информационный критерий (BIC). Данные критерии позволяют делать выбор между моделями с учетом баланса предиктивной способности модели и количества факторов, включенных в них [26]. Также для тестирования моделей на вложенность использовался тест отношения правдоподобия (LR-тест)[3].

Для визуализации и анализа полученных взаимосвязей использовались частные остаточные графики. В данном случае вместо классического представления частных остаточных графиков [27–29]:

$$Residuals^{OLS} + \hat{\beta}_k X_{kit} versus X_{kit}, \tag{4}$$

использовался модифицированный подход:

$$Residuals^{fe} + \hat{\beta}_k X_{kit} + \hat{\beta}_k X_{kit}^2 versus X_{kit}. \tag{5}$$

Данный подход позволил визуализировать нелинейные связи между переменными для проведения содержательной интерпретации полученных результатов.

Поскольку в моделях присутствует гетероскедастичность остатков, то авторы использовали устойчивые в условиях гетероскедастичности стандартные ошибки, чтобы повысить надежность результатов тестирования на значимость оценок коэффициентов.

Также модели проверялись на наличие мультиколлинеарности с помощью фактора инфляции дисперсии (VIF). Стоит отметить, что включение квадратов независимых переменных приводит к возникновению мультиколлинеарности и, как следствие, к увеличению стандартных ошибок оценок параметров модели. В ряде случаев наличие значимых оценок коэффициентов при квадратах независимых переменных и незначимых оценок коэффициентов при независимых переменных в первой степени – результат наличия мультиколлинеарности и, как следствие, должно быть предметом осторожного обращения.

Результаты и обсуждение

Описательная статистика

Результаты описательной статистики представлены в табл. 2. Исходные значения переменных характеризовались правосторонней асимметрией. Логарифмирование позволило снизить разброс значений переменных и перейти к мультипликативной модели.

На рис. 1 представлена корреляционная тепловая карта. С логарифмом ВВП на уровне значимости 0,05 наблюдается тесная значимая положительная линейная связь с ежедневной добычей нефти, ежедневным мировым спросом на нефть, спотовой ценой на основную марку нефти и численностью населения. Корреляционная связь между логарифмом ВВП, обменным курсом и уровнем безработицы на уровне 0,05 не значима.

[3] Green W.H. (2018) Econometric analysis, 8th ed., London: Pearson Education Limited.

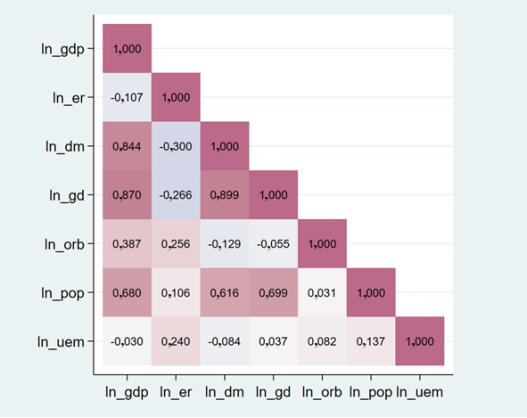


Рис. 1. Корреляционная матрица исследуемых переменных
Fig. 1. Correlation matrix

Таблица 2. Описательная статистика
Table 2. Descriptive statistics

Переменные / Статистики	$\ln GDP_{it}$	$\ln ER_{it}$	$\ln DM_{it}$	$\ln GD_{it}$	$\ln ORB_{it}$	$\ln POP_{it}$	$\ln UEM_{it}$
Среднее	10,83	3,53	7,06	5	3,79	2,29	1,68
Медиана	11	4,16	7,46	5,67	3,96	1,92	1,58
Минимум	4,79	–1,31	0,44	–0,22	2,38	–0,85	–0,36
Максимум	13,92	10,65	9,27	8,11	4,74	5,4	3,38
Стандартное отклонение	1,76	3,27	1,32	2,21	0,67	1,62	0,94
Асимметрия	–0,79	0,04	–0,91	–0,92	–0,32	0,08	–0,02
Эксцесс	3,72	1,76	4,89	2,77	1,77	1,94	2

Эконометрическое моделирование

Результаты эконометрического моделирования представлены в табл. 3. Для выбора между моделями с фиксированными и случайными эффектами использовался тест Хаусмана. В данном случае на уровне значимости 0,05 можно отвергнуть нулевые гипотезы в пользу альтернативных для трех пар моделей: FE1 и RE1, FE2 и RE2, FE3 и RE3. То есть в каждом случае необходимо использовать модели с фиксированными эффектами. Поскольку у модели FE3 наименьшие значения информационных критериев, а модели FE1 и FE2, согласно тестам на спецификацию, являются вложенными в нее, дальнейший анализ и интерпретация результатов производились преимущественно по модели FE3. Однако ввиду влияния мультиколлинеарности на результаты моделирования в отдельных случаях использовались также результаты моделей FE1 и FE2.

В модели FE3 оценки коэффициентов при логарифме спотовой цены на основную марку нефти и при его квадрате не значимы на уровне 0,05. Однако в модели FE1 оценка при логарифме спотовой цены на основную марку нефти значима на уровне 0,001 и равна 0,565. То есть при увеличении на 1% спотовой цены на основную марку нефти ВВП стран ОПЕК увеличивается на 0,565%. Таким образом, гипотеза *H1* подтверждена. Данные результаты соответствуют выводам, представленным в работах [9, 30], и показывают, что цена на нефть является одним из основных факторов, определяющих размер экономик стран ОПЕК.

Таблица 3. Результаты эконометрического моделирования
Table 3. Results of econometric modelling

	OLS1	OLS2	OLS3	FE1	FE2	FE3	RE1	RE2	RE3
$\ln ER_{it}$	0,017	–0,031*	0,111***	0,072	0,017	0,049	0,064	–0,031*	0,111
	(0,011)	(0,014)	(0,032)	(0,035)	(0,033)	(0,075)	(0,034)	(0,016)	(0,059)
$\ln DM_{it}$	0,291***	0,073	0,709**	0,357	0,434**	–0,534	0,297	0,073	0,709
	(0,053)	(0,068)	(0,271)	(0,19)	(0,12)	(0,66)	(0,177)	(0,137)	(0,79)
$\ln GD_{it}$	0,400***	0,069	–0,001	0,447*	0,595**	0,531**	0,444*	0,069	–0,001
	(0,037)	(0,072)	(0,1)	(0,196)	(0,132)	(0,134)	(0,186)	(0,16)	(0,237)
$\ln ORB_{it}$	0,790***	1,276*	1,173*	0,565***	0,336	0,305	0,669***	1,276**	1,173**
	(0,037)	–0,558	(0,483)	(0,087)	(0,2)	(0,174)	(0,094)	(0,467)	(0,394)
$\ln POP_{it}$	0,094**	–0,199*	–0,357***	0,617**	–0,287	–0,408	0,332***	–0,199	–0,357
	(0,033)	(0,09)	(0,099)	(0,191)	(0,198)	(0,204)	(0,076)	(0,307)	(0,306)
$\ln UEM_{it}$	–0,095***	–0,18	–0,236*	–0,027	0,074	0,142	–0,022	–0,18	–0,236
	(0,025)	(0,107)	(0,105)	(0,041)	(0,201)	(0,189)	(0,041)	(0,322)	(0,305)
$\ln GD_{it}^2$		0,051***	0,062***		–0,046*	–0,045*		0,051***	0,062*
		(0,008)	(0,011)		(0,02)	(0,02)		(0,014)	(0,025)
$\ln ORB_{it}^2$		–0,072	–0,058		0,02	0,024		–0,072	–0,058
		(0,074)	(0,064)		(0,026)	(0,025)		(0,051)	(0,041)
$\ln POP_{it}^2$		0,061***	0,075***		0,347***	0,37***		0,061	0,075
		(0,015)	(0,016)		(0,066)	(0,069)		(0,051)	(0,051)
$\ln UEM_{it}^2$		0,034	0,051		–0,02	–0,041		0,034	0,051
		(0,033)	(0,033)		(0,062)	(0,059)		(0,107)	(0,102)
$\ln ER_{it}^2$			–0,017***			–0,004			–0,017*
			(0,003)			(0,006)			(0,007)
$\ln DM_{it}^2$			–0,043*			0,072			–0,043
			(0,019)			(0,045)			(0,058)
_cons	3,871***	5,200***	3,320*	2,255*	2,281	5,874	3,138***	5,2***	3,32
	(0,303)	(1,181)	(1,313)	(0,981)	(1,339)	(2,765)	(0,804)	(1,272)	(2,56)
r2_a	0,870	0,888	0,902	0,849	0,915	0,918			
r2_w				0,857	0,921	0,924	0,851	0,839	0,826
r2_b				0,809	0,542	0,517	0,858	0,946	0,960
r2_o				0,711	0,403	0,392	0,797	0,892	0,906
aic	355,838	314,446	276,131	112,029	–55,890	–63,583			
bic	381,788	355,224	324,323	137,979	–15,112	–15,391			
ll	–170,919	–146,223	–125,066	–49,015	38,945	44,792			
rmse	0,432	0,401	0,375	0,293	0,22	0,217	0,304	0,401	0,375

*Количество * отражает уровень значимости оценок параметров модели. Так, * показывает, что оценка коэффициента значима на уровне 0,05, ** – на уровне 0,01, *** – на уровне 0,001. В круглых скобках показаны стандартные ошибки оценок коэффициентов.*

В модели FE3 оценки коэффициентов при логарифме ежедневной добычи нефти и при его квадрате не значимы на уровне 0,05. Однако в модели FE2 оценка коэффициентов при логарифме ежедневной добычи нефти значима на уровне 0,01 и равняется 0,434. Таким образом,

а) б)

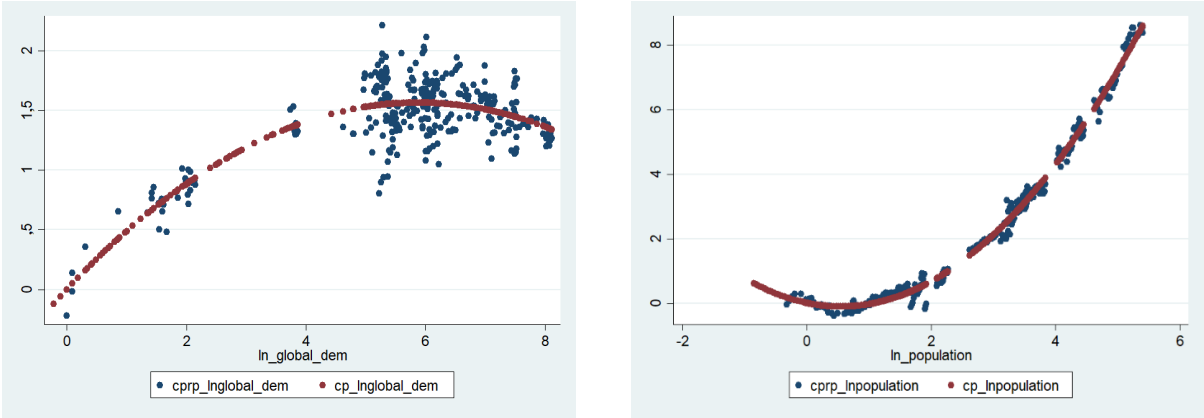


Рис. 2. Частные остаточные графики для модели FE3
Fig. 2. Component plus residual plots of FE3 model

согласно данной модели увеличение добычи нефти на 1% соответствует увеличению объемов ВВП стран ОПЕК на 0,434%. То есть объемы добычи нефти в странах ОПЕК положительно связаны с их ВВП, что соответствует результатам [6, 7]. Следовательно, гипотеза *H2* подтверждена.

В модели FE3 оценки коэффициентов при логарифме ежедневного мирового спроса на нефть и при его квадрате значимы на уровне 0,01 и 0,05 соответственно. Оценка коэффициента при логарифме ежедневного мирового спроса на нефть равна 0,531, а при его квадрате равна –0,045. Как следствие, зависимость между логарифмами исследуемых переменных имеет обратную J-образную форму (рис. 2а). Также в модели FE1 оценка коэффициента при этой переменной значима на уровне 0,05. Таким образом, более высокий спрос на нефть со стороны стран-импортеров соответствует в среднем более высоким показателям ВВП стран ОПЕК. Однако слишком высокие объемы мирового спроса могут негативно сказаться на их экономическом развитии, из-за потенциального развития у этих стран Голландской болезни [31, 32]. В этих условиях им будет сложнее диверсифицировать экономику, что негативно скажется на их долгосрочном экономическом развитии. Таким образом, гипотеза *H3* подтверждена частично.

В модели FE3 оценка коэффициентов при логарифме численности населения не значима на уровне 0,05, а при его квадрате значима на уровне 0,001. Это связано, в том числе, с наличием в модели FE3 мультиколлинеарности. В модели FE3 оценка коэффициента при логарифме численности населения равна –0,408, а при его квадрате равна –0,37. Таким образом, предыдущих исследований и базовым предпосылкам теории зависимость между логарифмами исследуемых переменных J-образная (рис. 2б). Также в модели FE1 оценка коэффициента при этой переменной значима на уровне 0,01. Население как один из основных факторов производства положительно связано с экономическим развитием стран ОПЕК, что соответствует результатам экономического развития [12, 19, 33]. Как следствие, гипотеза *H4* подтверждена.

Оценки коэффициента при логарифме обменного курса и при квадрате этой переменной не значимы на уровне 0,05 ни в одной из моделей с фиксированными эффектами. Одной из возможных причин данного результата является использование среднегодового обменного курса, а не, к примеру, уровня его волатильности [34]. Также важно отметить, что в этой работе использовались модели панельных данных вместо моделей авторегрессий, которые являются частым выбором для моделирования экономического роста и в которых часто подтверждается наличие взаимосвязей между показателями экономического развития и обменным курсом [16, 17]. Таким образом, гипотеза *H5* в рамках данного исследования не подтверждена.

Оценки коэффициентов при логарифме безработицы и квадрате этой переменной не значимы на уровне 0,05 ни в одной из моделей с фиксированными эффектами. Полученный результат не согласуется с результатами исследований [18–20], которые показывают наличие значимой отрицательной связи с экономическим ростом различных стран. Одна из причин может быть в том, что дисперсия показателя безработицы у исследуемых в данной статье стран также относительно небольшая и не коррелирует с уровнем их ВВП. При этом использование месячных или квартальных данных в сочетании с авторегрессионными моделями может дать иной результат. Таким образом, гипотеза *Н6* в рамках данного исследования не подтверждена.

Заключение

В исследовании были проанализированы детерминанты экономического развития стран ОПЕК. Эти страны оказывают существенное влияние на объемы добычи нефти в мире и ее ценообразование. По результатам проведенных исследования было выявлено:

- наличие положительной значимой взаимосвязи между объемами ВВП стран ОПЕК и спотовой ценой на основную марку нефти;
- наличие положительной значимой взаимосвязи между объемами ВВП стран ОПЕК и ежедневной добычей нефти;
- наличие обратной J-образной взаимосвязи между объемами ВВП стран ОПЕК и ежедневным мировым спросом на нефть;
- наличие J-образной взаимосвязи между объемами ВВП и численностью населения стран ОПЕК.

Полученные результаты имеют важное значение для будущих экономических решений стран ОПЕК. Проведенный эконометрический анализ может быть использован в качестве основы для принятия решений странами ОПЕК в будущем в части экономической политики.

Направления дальнейших исследований

В будущем планируется построить структурные эконометрические модели, авторегрессионные модели, а также модели машинного обучения для выявления значимых зависимостей между показателями развития стран ОПЕК, а также для их прогнозирования. Кроме того, планируется расширение набора факторов, которые могут быть использованы для проведения моделирования. В частности, модели могут включать показатели структуры экспорта и импорта, различные индексы, отражающие развитие институциональной среды, иные показатели, оказывающие влияние на развитие стран и регионов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Qi S., Sun T. (2024) Resource curse in OPEC with varied levels of financial regulations and constraints: The role of oil price shocks and digital finance. *Resources Policy*, 91, art. no. 104854. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104854

2. Lomonosov D., Polbin A., Fokin N. (2021) The Impact of Global Economic Activity, Oil Supply and Speculative Oil Shocks on the Russian Economy. *Higher School of Economics Economic Journal*, 25 (2), 227–262. DOI: https://doi.org/10.17323/1813-8691-2021-25-2-227-262

3. Егорова Ю.В., Зыков А.С., Непп А.Н. (2023) Нефть в эпоху коронавируса: истерия или закономерное падение рынка? *Экономика и математические методы*, 59 (1), 48–64. DOI: https://doi.org/10.31857/S042473880024876-2

4. Wang S., Tian W., Lu B. (2023) Impact of capital investment and industrial structure optimization from the perspective of “resource curse”: Evidence from developing countries. *Resources Policy*, 80, art. no. 103276. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103276

5. Erdoğan S., Yıldırım D.Ç., Gedikli A. (2020) Natural resource abundance, financial development and economic growth: An investigation on Next-11 countries. *Resources Policy*, 65, art. no. 101559. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101559

6. Bildirici M.E., Kayıkçı F. (2013) Effects of oil production on economic growth in Eurasian countries: Panel ARDL approach. *Energy*, 49, 156–161. DOI: https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.10.047

7. Kalaitzi A.S., Chamberlain T.W. (2020) Merchandise exports and economic growth: multivariate time series analysis for the United Arab Emirates. *Journal of Applied Economics*, 23 (1), 163–182. DOI: https://doi.org/10.1080/15140326.2020.1722384

8. Çemrek F., Bayraç H.N. (2021) The Econometric Analysis of the Relationship Between Oil Price, Economic Growth and Export in OPEC Countries. *Alphanumeric Journal*, 9 (1), 111–124. DOI: https://doi.org/10.17093/alphanumeric.909410

9. Osintseva M.A. (2022) Influence of Oil Factor on Economic Growth in Oil-exporting Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12 (1), 217–224. DOI: https://doi.org/10.32479/ijeep.11794

10. Ur Rahman Z., Iqbal Khattak S., Ahmad M., Khan A. (2020) A disaggregated-level analysis of the relationship among energy production, energy consumption and economic growth: Evidence from China. *Energy*, 194, art. no. 116836. DOI: https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116836

11. Awodumi O.B., Adewuyi A.O. (2020) The role of non-renewable energy consumption in economic growth and carbon emission: Evidence from oil producing economies in Africa. *Energy Strategy Reviews*, 27, art. no. 100434. DOI: https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100434

12. Peterson E.W.F. (2017) The Role of Population in Economic Growth. *Sage Open*, 7 (4), 1–15. DOI: https://doi.org/10.1177/2158244017736094

13. Tartiyus E.H., Dauda M.I., Peter A. (2015) Impact of Population Growth on Economic Growth in Nigeria (1980–2010). *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, 20 (4), 115–123. DOI: https://doi.org/10.9790/0837-2045115123

14. Thuku G.K., Gachanja P.M., Obere A. (2013) The impact of population change on economic growth in Kenya. *International Journal of Economics and Management Sciences*, 2 (6), 43–60.

15. Habib M.M., Mileva E., Stracca L. (2017) The real exchange rate and economic growth: Revisiting the case using external instruments. *Journal of International Money and Finance*, 73 (B), 386–398. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2017.02.014

16. Karahan Ö. (2020) Influence of Exchange Rate on the Economic Growth in the Turkish Economy. *Financial Assets and Investing*, 11 (1), 21–34. https://doi.org/10.5817/FAI2020-1-2

17. Khan Z.U., Khan M.Z., Khan A.U., Talal M. (2023) Foreign Debt, Exchange Rate, Inflation and Economic Growth: A Co-integration and Causality Analysis. *Journal of Applied Economics and Business Studies*, 7 (1), 27–46. DOI: https://doi.org/10.34260/jaebs.712

18. Chand K., Tiwari R., Phuyal M. (2018) Economic Growth and Unemployment Rate: An Empirical Study of Indian Economy. *PRAGATI: Journal of Indian Economy*, 4 (2), 130–137. DOI: https://doi.org/10.17492/pragati.v4i02.11468

19. Bala U., Ibrahim A., Hadith N.B. (2020) Impact of Population Growth, Poverty and Unemployment on Economic Growth. *Asian Business Research Journal*, 5, 48–54. DOI: https://doi.org/10.20448/journal.518.2020.5.48.54

20. Hjazeen H., Seraj M., Ozdeser H. (2021) The nexus between the economic growth and unemployment in Jordan. *Future Business Journal*, 7 (1), art. no. 42. DOI: https://doi.org/10.1186/s43093-021-00088-3

21. Pasara M.T., Garidzirai R. (2020) Causality Effects among Gross Capital Formation, Unemployment and Economic Growth in South Africa. *Economies*, 8 (2), art. no. 26. DOI: https://doi.org/10.3390/economies8020026

22. Avduevskaya E., Nadezhina O., Zaborovskaia O. (2023) The Impact of Socio-Economic Factors on the Regional Economic Security Indicator. *International Journal of Technology*, 14 (8), 1706–1716. DOI: https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i8.6829

23. Skhvediani A., Sosnovskikh S., Kudryavtseva T., Nalwanga S. (2024) Modelling of a regional industry specialisation: the impact of agglomeration economies on labour productivity. *International Journal of Trade and Global Markets*, 19 (3/4), 215–242. DOI: https://doi.org/10.1504/IJTGM.2024.138992

24. Bell A., Fairbrother M., Jones K. (2019) Fixed and random effects models: making an informed choice. *Quality & Quantity*, 53 (2), 1051–1074. DOI: https://doi.org/10.1007/s11135-018-0802-x

25. Bell A., Jones K. (2015) Explaining Fixed Effects: Random Effects Modeling of Time-Series Cross-Sectional and Panel Data. *Political Science Research and Methods*, 3 (1), 133–153. DOI: https://doi.org/10.1017/psrm.2014.7

26. Yum M. (2022) Model selection for panel data models with fixed effects: a simulation study. *Applied Economics Letters*, 29 (19), 1776–1783. DOI: https://doi.org/10.1080/13504851.2021.1962505

27. Cook R.D., Weisberg S. (1983) Diagnostics for heteroscedasticity in regression. *Biometrika*, 70 (1), 1–10. DOI: https://doi.org/10.1093/biomet/70.1.1

28. Cook R.D. (1977) Detection of Influential Observation in Linear Regression. *Technometrics*, 19 (1), 15–18. DOI: https://doi.org/10.2307/1268249

29. Larsen W.A., McCleary S.J. (1972) The Use of Partial Residual Plots in Regression Analysis. *Technometrics*, 14 (3), 781–790. DOI: https://doi.org/10.1080/00401706.1972.10488966

30. Saady Mahmood Abaas M., Chygryn O., Kubatko O., Pimonenko T. (2018) Social and economic drivers of national economic development: the case of OPEC countries. *Problems and Perspectives in Management*, 16 (4), 155–168. DOI: http://dx.doi.org/10.21511/ppm.16(4).2018.14

31. Oludimu S., Alola A.A. (2022) Does crude oil output aid economy boom or curse in Nigeria? An inference from "Dutch disease". *Management of Environmental Quality*, 33 (2), 185–201. DOI: https://doi.org/10.1108/MEQ-03-2021-0049

32. Wong C.-S. (2021) Science Mapping: A Scientometric Review on Resource Curses, Dutch Diseases, and Conflict Resources during 1993–2020. *Energies*, 14 (15), art. no. 4573. DOI: https://doi.org/10.3390/en14154573

33. Tian X. (2023) Population and Economic Development. In: *An Essay on China's Development After the Demographic Golden Age. Research Series on the Chinese Dream and China's Development Path*, Singapore: Springer, 59–134. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-19-9064-9_3

34. Ameziane K., Benyacoub B. (2022) Exchange Rate Volatility Effect on Economic Growth under Different Exchange Rate Regimes: New Evidence from Emerging Countries Using Panel CS-ARDL Model. *Journal of Risk and Financial Management*, 15 (11), art. no. 499. DOI: https://doi.org/10.3390/jrfm15110499

REFERENCES

1. Qi S., Sun T. (2024) Resource curse in OPEC with varied levels of financial regulations and constraints: The role of oil price shocks and digital finance. *Resources Policy*, 91, art. no. 104854. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104854

2. Lomonosov D., Polbin A., Fokin N. (2021) The Impact of Global Economic Activity, Oil Supply and Speculative Oil Shocks on the Russian Economy. *Higher School of Economics Economic Journal*, 25 (2), 227–262. DOI: https://doi.org/10.17323/1813-8691-2021-25-2-227-262

3. Egorova Yu., Zykov A., Nepp A. (2023) Oil in the age of coronavirus: Hysteria or appropriate fall? *Economics and Mathematical Methods*, 59 (1), 48–64. DOI: https://doi.org/10.31857/S042473880024876-2

4. Wang S., Tian W., Lu B. (2023) Impact of capital investment and industrial structure optimization from the perspective of "resource curse": Evidence from developing countries. *Resources Policy*, 80, art. no. 103276. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103276

5. Erdoğan S., Yıldırım D.Ç., Gedikli A. (2020) Natural resource abundance, financial development and economic growth: An investigation on Next-11 countries. *Resources Policy*, 65, art. no. 101559. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101559

6. Bildirici M.E., Kayıkçı F. (2013) Effects of oil production on economic growth in Eurasian countries: Panel ARDL approach. *Energy*, 49, 156–161. DOI: https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.10.047

7. Kalaitzi A.S., Chamberlain T.W. (2020) Merchandise exports and economic growth: multivariate time series analysis for the United Arab Emirates. *Journal of Applied Economics*, 23 (1), 163–182. DOI: https://doi.org/10.1080/15140326.2020.1722384

8. Çemrek F., Bayraç H.N. (2021) The Econometric Analysis of the Relationship Between Oil Price, Economic Growth and Export in OPEC Countries. *Alphanumeric Journal*, 9 (1), 111–124. DOI: https://doi.org/10.17093/alphanumeric.909410

9. Osintseva M.A. (2022) Influence of Oil Factor on Economic Growth in Oil-exporting Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12 (1), 217–224. DOI: https://doi.org/10.32479/ijeep.11794

10. Ur Rahman Z., Iqbal Khattak S., Ahmad M., Khan A. (2020) A disaggregated-level analysis of the relationship among energy production, energy consumption and economic growth: Evidence from China. *Energy*, 194, art. no. 116836. DOI: https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116836

11. Awodumi O.B., Adewuyi A.O. (2020) The role of non-renewable energy consumption in economic growth and carbon emission: Evidence from oil producing economies in Africa. *Energy Strategy Reviews*, 27, art. no. 100434. DOI: https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100434

12. Peterson E.W.F. (2017) The Role of Population in Economic Growth. *Sage Open*, 7 (4), 1–15. DOI: https://doi.org/10.1177/2158244017736094

13. Tartiyus E.H., Dauda M.I., Peter A. (2015) Impact of Population Growth on Economic Growth in Nigeria (1980–2010). *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, 20 (4), 115–123. DOI: https://doi.org/10.9790/0837-2045115123

14. Thuku G.K., Gachanja P.M., Obere A. (2013) The impact of population change on economic growth in Kenya. *International Journal of Economics and Management Sciences*, 2 (6), 43–60.

15. Habib M.M., Mileva E., Stracca L. (2017) The real exchange rate and economic growth: Revisiting the case using external instruments. *Journal of International Money and Finance*, 73 (B), 386–398. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2017.02.014

16. Karahan Ö. (2020) Influence of Exchange Rate on the Economic Growth in the Turkish Economy. *Financial Assets and Investing*, 11 (1), 21–34. https://doi.org/10.5817/FAI2020-1-2

17. Khan Z.U., Khan M.Z., Khan A.U., Talal M. (2023) Foreign Debt, Exchange Rate, Inflation and Economic Growth: A Co-integration and Causality Analysis. *Journal of Applied Economics and Business Studies*, 7 (1), 27–46. DOI: https://doi.org/10.34260/jaebs.712

18. Chand K., Tiwari R., Phuyal M. (2018) Economic Growth and Unemployment Rate: An Empirical Study of Indian Economy. *PRAGATI: Journal of Indian Economy*, 4 (2), 130–137. DOI: https://doi.org/10.17492/pragati.v4i02.11468

19. Bala U., Ibrahim A., Hadith N.B. (2020) Impact of Population Growth, Poverty and Unemployment on Economic Growth. *Asian Business Research Journal*, 5, 48–54. DOI: https://doi.org/10.20448/journal.518.2020.5.48.54

20. Hjazeen H., Seraj M., Ozdeser H. (2021) The nexus between the economic growth and unemployment in Jordan. *Future Business Journal*, 7 (1), art. no. 42. DOI: https://doi.org/10.1186/s43093-021-00088-3

21. Pasara M.T., Garidzirai R. (2020) Causality Effects among Gross Capital Formation, Unemployment and Economic Growth in South Africa. *Economies*, 8 (2), art. no. 26. DOI: https://doi.org/10.3390/economies8020026

22. Avduevskaya E., Nadezhina O., Zaborovskaia O. (2023) The Impact of Socio-Economic Factors on the Regional Economic Security Indicator. *International Journal of Technology*, 14 (8), 1706–1716. DOI: https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i8.6829

23. Skhvediani A., Sosnovskikh S., Kudryavtseva T., Nalwanga S. (2024) Modelling of a regional industry specialisation: the impact of agglomeration economies on labour productivity. *International Journal of Trade and Global Markets*, 19 (3/4), 215–242. DOI: https://doi.org/10.1504/IJTGM.2024.138992

24. Bell A., Fairbrother M., Jones K. (2019) Fixed and random effects models: making an informed choice. *Quality & Quantity*, 53 (2), 1051–1074. DOI: https://doi.org/10.1007/s11135-018-0802-x

25. Bell A., Jones K. (2015) Explaining Fixed Effects: Random Effects Modeling of Time-Series Cross-Sectional and Panel Data. *Political Science Research and Methods*, 3 (1), 133–153. DOI: https://doi.org/10.1017/psrm.2014.7

26. Yum M. (2022) Model selection for panel data models with fixed effects: a simulation study. *Applied Economics Letters*, 29 (19), 1776–1783. DOI: https://doi.org/10.1080/13504851.2021.1962505

27. Cook R.D., Weisberg S. (1983) Diagnostics for heteroscedasticity in regression. *Biometrika*, 70 (1), 1–10. DOI: https://doi.org/10.1093/biomet/70.1.1

28. Cook R.D. (1977) Detection of Influential Observation in Linear Regression. *Technometrics*, 19 (1), 15–18. DOI: https://doi.org/10.2307/1268249

29. Larsen W.A., McCleary S.J. (1972) The Use of Partial Residual Plots in Regression Analysis. *Technometrics*, 14 (3), 781–790. DOI: https://doi.org/10.1080/00401706.1972.10488966

30. Saady Mahmood Abaas M., Chygryn O., Kubatko O., Pimonenko T. (2018) Social and economic drivers of national economic development: the case of OPEC countries. *Problems and Perspectives in Management*, 16 (4), 155–168. DOI: http://dx.doi.org/10.21511/ppm.16(4).2018.14

31. Oludimu S., Alola A.A. (2022) Does crude oil output aid economy boom or curse in Nigeria? An inference from "Dutch disease". *Management of Environmental Quality*, 33 (2), 185–201. DOI: https://doi.org/10.1108/MEQ-03-2021-0049

32. Wong C.-S. (2021) Science Mapping: A Scientometric Review on Resource Curses, Dutch Diseases, and Conflict Resources during 1993–2020. *Energies*, 14 (15), art. no. 4573. DOI: https://doi.org/10.3390/en14154573

33. Tian X. (2023) Population and Economic Development. In: *An Essay on China's Development After the Demographic Golden Age. Research Series on the Chinese Dream and China's Development Path*, Singapore: Springer, 59–134. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-19-9064-9_3

34. Ameziane K., Benyacoub B. (2022) Exchange Rate Volatility Effect on Economic Growth under Different Exchange Rate Regimes: New Evidence from Emerging Countries Using Panel CS-ARDL Model. *Journal of Risk and Financial Management*, 15 (11), art. no. 499. DOI: https://doi.org/10.3390/jrfm15110499

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

САРАНИН Захар Алексеевич
E-mail: midway_ht@mail.ru
Zakhar A. SARANIN
E-mail: midway_ht@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-8187-7347

СХВЕДИАНИ Анги Ерастиевич
E-mail: shvediani_ae@spbstu.ru
Angi E. SKHVEDIANI
E-mail: shvediani_ae@spbstu.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7171-7357

Поступила: 21.01.2025; Одобрена: 14.03.2025; Принята: 17.03.2025.
Submitted: 21.01.2025; Approved: 14.03.2025; Accepted: 17.03.2025.

π-Economy. 2025, Том 18, № 2. С. 179–201.
π-Economy. 2025, Vol. 18, No. 2. Pp. 179–201.

Научная статья
УДК 336.767.2
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18211
EDN: https://elibrary/ZMOFVE

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Б.А. Шканов ✉

Институт экономической политики им. Е.Т. Гайдара,
Москва, Российская Федерация

✉ bulat.shkanov@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлен интегрированный подход к формированию инвестиционного портфеля, сочетающий современные методы прогнозирования временных рядов и гибкую настройку оптимизации инвестиционного портфеля. В условиях высокой волатильности рынка цифровых активов традиционные модели, такие как Марковица и CAPM, без точных прогнозов доходности теряют эффективность, поскольку не учитывают динамически изменяющиеся рыночные условия. В данной работе предложен подход, включающий адаптивный выбор моделей прогнозирования для каждого актива и оптимизацию весов портфеля на основе прогнозных данных. Для прогнозирования цен активов используются модели ARIMA, Chronos Forecasting, GMDH и LSTM, что позволяет учитывать различные аспекты рыночной динамики. На основе прогнозов рассчитывается ковариационная матрица доходностей и производится оптимизация портфеля с учетом различных стратегий: разрешение коротких позиций, минимизация риска, достижение заданного уровня доходности. Данный подход тестировался на данных из библиотеки yfinance с различными конфигурациями параметров, включая число активов, горизонт прогнозирования и способы масштабирования данных. Результаты экспериментов показывают, что предложенный подход обеспечивает среднюю фактическую доходность портфеля на уровне 55,2%, а доля портфелей с положительной доходностью достигает 83,3%. Использование медианы в качестве стратегии масштабирования увеличивает среднюю доходность до 66,9% при 92,6% успешных портфелей. Данный подход представляет собой инструмент для инвесторов, который позволяет адаптировать стратегии к изменяющимся рыночным условиям и повышать эффективность управления портфелем цифровых активов. Кроме того, предложенный подход демонстрирует высокий уровень гибкости благодаря возможности настройки различных параметров оптимизации. Например, варьирование горизонта прогнозирования позволяет учитывать краткосрочные и долгосрочные тренды рынка, а выбор стратегии масштабирования влияет на точность предсказаний. Оптимизация портфеля выполняется с учетом различных метрик, что делает данный подход применимым как для консервативных, так и для агрессивных инвестиционных стратегий. Дальнейшие исследования могут включать расширение набора прогнозных моделей, интеграцию альтернативных стратегий оптимизации, а также применение предложенного подхода к традиционным финансовым рынкам. Это позволит повысить точность прогнозирования и эффективность управления инвестициями в условиях высокой неопределенности и волатильности цифровых активов.

Ключевые слова: оптимизация инвестиционного портфеля, машинное обучение, прогнозирование доходности, прогнозирование цен, временные ряды

Для цитирования: Шканов Б.А. (2025) Комплексный подход к оптимизации инвестиционного портфеля на основе современных методов математического моделирования. π-Economy, 18 (2), 179–201. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18211

© Шканов Б.А., 2025. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18211

COMPREHENSIVE APPROACH TO PORTFOLIO OPTIMIZATION BASED ON MODERN MATHEMATICAL MODELING METHODS

B.A. Shkanov ✉

Gaidar Institute for Economic Policy, Moscow, Russian Federation

✉ bulat.shkanov@mail.ru

Abstract. In this study, an integrated approach to portfolio optimization is presented, combining modern time series forecasting methods and flexible settings for portfolio optimization. In conditions of high volatility in the digital asset market, traditional models such as Markowitz and CAPM lose their effectiveness without accurate return forecasts, as they do not account for dynamically changing market conditions. In this work, an approach is proposed that includes the adaptive selection of forecasting models for each asset and the optimization of portfolio weights based on forecast data. For asset price forecasting, ARIMA, Chronos Forecasting, GMDH, and LSTM models are employed, which allows various aspects of market dynamics to be taken into account. Based on the forecasts, a covariance matrix of returns is calculated and portfolio optimization is performed considering different strategies: allowing short positions, risk minimization, and achieving a predetermined level of return. The approach was tested on data from yfinance with various parameter configurations, including the number of assets, forecast horizon, and data scaling approaches. The experimental results show that the proposed approach yields an average realized portfolio return of 55.2%, with the proportion of portfolios achieving positive returns reaching 83.3%. Using the median as the scaling strategy increases the average return to 66.9%, with 92.6% of the portfolios being successful. This approach serves as a tool for investors, allowing strategies to be adapted to changing market conditions and enhancing the efficiency of digital asset portfolio management. Furthermore, the proposed approach demonstrates a high degree of flexibility due to the ability to adjust various optimization parameters. For example, varying the forecast horizon allows both short-term and long-term market trends to be taken into account, while the choice of scaling strategy influences prediction accuracy. Portfolio optimization is carried out considering various metrics, making the approach applicable to both conservative and aggressive investment strategies. Further research may include expanding the set of forecasting models, integrating alternative optimization strategies, and applying the proposed approach to traditional financial markets. This would enhance forecasting accuracy and the effectiveness of investment management under conditions of high uncertainty and volatility in digital assets.

Keywords: investment portfolio optimization, machine learning, returns prediction, price prediction, time series

Citation: Shkanov B.A. (2025) A comprehensive approach to portfolio optimization based on modern mathematical modeling methods. π-Economy, 18 (2), 179–201. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.18211

Введение

В условиях высоковолатильного и непредсказуемого рынка криптовалют традиционные портфельные модели (например, модель Марковица) с их допущениями о том, что доходность активов в прошлом останется прежней в будущем, зачастую теряют эффективность. Одновременно достижения машинного обучения и прогнозирования временных рядов открывают пути к более точной оценке рыночной динамики и рисков.

Обзор литературы показал, что современные подходы формирования инвестиционного портфеля в случае использования прогнозов динамики цифровых активов сталкиваются со следующими ограничениями:

• предлагается использовать только один подход прогнозирования доходности для различных активов;

© Shkanov B.A., 2025. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

• оптимизация портфеля не предоставляет гибкости (например, нет возможности настроить горизонт инвестирования).

Для решения указанных ограничений в настоящей работе предлагается комплексный подход, который, во-первых, системно подбирает наиболее точные модели прогнозирования для каждого криптоактива (ARIMA Канова–Хансена, GMDH, LSTM, Chronos Forecasting от Amazon Science), а во-вторых, связывает результаты этих прогнозов с гибкими подходами оптимизации портфеля. Проведенные эксперименты подтверждают устойчивость и положительную доходность портфелей, сформированных предложенным подходом, даже в условиях существенной рыночной неопределенности, что подчеркивает ее практическую значимость для инвесторов и исследователей.

Обзор литературы

Обзор литературы разделен на три части. В первой – обзор подходов формирования инвестиционного портфеля, во второй – обзор факторов ценообразования криптовалют, в третьей – обзор современных подходов использования методов машинного обучения для формирования инвестиционного портфеля.

Формирование инвестиционного портфеля

Научно-практические подходы к управлению финансами выработали обширный набор методик оптимизации инвестиционного портфеля, который охватывает широкий круг задач – от увеличения доходности и снижения рисков до поиска оптимального соотношения между ними.

1. Теории рационального поведения инвесторов. К данному направлению относят классический подход к построению оптимального портфеля, разработанный Г. Марковицем [1], а также модель CAPM [2] и другие схожие концепции. Они исходят из предположения, что инвесторы действуют рационально, опираясь на имеющуюся рыночную информацию и свои предпочтения в отношении риска и доходности, чтобы найти оптимальное распределение активов.

2. Поведенческие теории. В этих работах акцент смещается на нерациональные аспекты инвестиционных решений: эмоции, психологические и поведенческие искажения. Подобные теории помогают выявлять рыночные аномалии и случаи переоценки стоимости активов, объясняя их особенностями поведения людей, а не только классической логикой.

3. Факторные модели и арбитражная теория ценообразования (APT) [3]. Главное внимание в этих концепциях уделяется факторам риска, которые влияют на доходность активов. Факторные модели рассматривают широкий спектр рыночных показателей (например, стоимость капитала, размеры компании, цену акций), а APT утверждает, что стоимость каждого актива должна отражать ожидаемую доходность с учетом определенных факторов риска.

Несмотря на то, что уже сформировался обширный перечень способов оптимизации инвестиционного портфеля, актуальность разработки новых подходов обусловлена стремительной динамикой финансовых рынков, сложными взаимосвязями между их участниками, появлением новых типов активов и цифровых инструментов, а также необходимостью эффективной интеграции современных технологий.

Был проведен сравнительный анализ наиболее известных способов оптимизации инвестиционного портфеля:

• Метод Марковица (1952 г.). Предлагает искать соотношение активов, обеспечивающее максимальную доходность при фиксированном уровне риска или минимизацию риска при заданной доходности [1].

• Метод Роя–Шарпа (Sharpe's Single Index Model). Разработан У. Шарпом и рассматривает упрощенную схему оптимизации, учитывающую систематический риск каждого актива через один общий фактор риска (часто рыночный индекс) [3].

• КАПМ-модель (Capital Asset Pricing Model). Учитывает систематический риск актива для расчета его ожидаемой доходности. Применяется при поиске баланса между безрисковыми и рискованными инструментами в структуре портфеля [2].

• Метод Линдера (Linder's Model). Ориентирован на подбор оптимального соотношения между облигациями и акциями с учетом их взаимной корреляции, а также связи доходности с риском [24].

• Методы на базе квадратичного программирования. Широко используются в практике управления портфелями, решая задачу оптимизации через квадратичную целевую функцию и линейные ограничения [24].

• Метод Брутто (Brinson Model). Сосредотачивается на активном управлении, оценивая вклад каждого актива в итоговую доходность всего портфеля [24].

• Метод Блэка–Литтермана. Разработан Ф. Блэком и Р. Литтерманом в 1990 г. на базе комбинации идей Марковица и оценки систематического риска; позволяет адаптировать структуру портфеля под актуальные рыночные условия [24].

• Метод Дженкинса. Базируется на принципах динамического управления, при котором вес каждого актива в портфеле корректируется в ответ на изменения рыночной конъюнктуры [32].

• Генетические алгоритмы. Реализуют эволюционный подход к оптимизации портфеля, «имитируя» естественный процесс мутаций и отбора [27].

• Алгоритмические методы. Применяют разнообразные оптимизационные алгоритмы – от глобального поиска решений до эволюционных методов и машинного обучения [3].

• Метод экстремальных квантилей (Extreme Quantile Optimization). Направлен на учет критических сценариев и минимизацию потерь в подобных условиях. Вариацией данной методики считается «Минимакс» (Minimax Method), который стремится сократить максимальные убытки и свести к минимуму вероятность экстремальных потерь [23].

Факторы ценообразования криптовалют

Для того чтобы использовать прогнозы динамики криптовалют, необходимо определить значимые факторы ценообразования криптовалют – признаки, которые будут использоваться для прогнозирования динамики.

При анализе ценообразования криптовалют традиционно выделяют пять групп факторов: фундаментальные, макроэкономические, финансовые, поведенческие и инфраструктурные [4–6]. В работе [7] цены определяются сочетанием фундаментальных факторов – технологического прогресса, распространения криптовалют как платежного средства и изменений в регулировании – и спекулятивных компонентов, связанных с рыночными настроениями и ожиданиями инвесторов. Эконометрические модели демонстрируют, что технологические инновации и регулятивные изменения способствуют росту цен, а спекулятивные операции вызывают краткосрочную волатильность, что подтверждают исследования [8–10].

Систематический обзор в [11] подчеркивает влияние рыночных условий, макроэкономических показателей, социальных сетей и онлайн-активности на стоимость криптовалют, при этом биткойн остается наиболее изученным объектом (например, через анализ поисковых запросов и упоминаний в соцсетях) с рекомендацией расширить исследования на Dogecoin и Litecoin. Эти выводы согласуются с данными из [12, 13].

Ликвидность и объем торгов, как показано в [14, 15], существенно влияют на волатильность и реакцию рынка. Исследование [16] рассматривает ценообразование опционов (индекс CRIX и биткойн), где ключевыми факторами являются волатильность базового актива, рыночные ожидания и ликвидность, что подтверждено работой [17]. Рынки опционов способны усиливать волатильность базовых активов.

Shen и др. [18–20] эмпирически анализируют влияние поведенческих финансов, макроэкономических условий и рыночных трендов на краткосрочные и долгосрочные изменения цен.

Инфраструктурные факторы – сложность майнинга, его тип и хешрейт – также играют важную роль: увеличение сложности требует большей вычислительной мощности и инвестиций в оборудование, а халвинг биткойна в апреле 2024 года заметно повлиял на его стоимость и рынок в целом. Наконец, авторы [21, 22] демонстрируют, что концентрация майнинговых пулов и высокие затраты на энергию приводят к централизации, дефициту и повышенной волатильности цен.

С теоретической точки зрения данные факторы очень важны в прогнозировании доходности, однако в настоящей работе рассматриваются прогнозы только на исторических данных без привлечения внешней информации. Причина состоит в неполноте значений параметров, отражающих внешние факторы, и их несогласованности во времени с динамикой значений криптовалют. В настоящей работе полагается, что при большом объеме данных – как числа криптовалют, так и времени их наблюдения – эти факторы вполне проявятся в данных наблюдений.

Использование машинного обучения для формирования инвестиционного портфеля

Несмотря на обилие исследований, посвященных интеграции методов машинного обучения и оптимизационных алгоритмов в формировании инвестиционных портфелей, значительная часть работ лишь декларирует превосходство новых методик, при этом оставляя большое пространство для добавления гибкости.

Как правило, модели машинного обучения используются на этапе прогнозирования, а далее решается стандартная задача оптимизации: максимизация ожидаемой доходности при заданном риск либо максимизация доходности, либо минимизация риска при ограничениях на доходность. Классическая постановка – задача Марковица [1], где вектор ожидаемых доходностей заменяется на прогнозный, полученный от модели машинного обучения.

Распространенный подход – регулярная перекалибровка портфеля. Например, модель прогнозирует доходности N акций на следующий день/неделю, затем эти прогнозы используются в оптимизационной модели для вычисления долей портфеля. В простейшем случае оптимизация сводится к ранжированию активов: можно инвестировать больше в те, у которых прогноз выше. Так поступали, например, Fischer и Krauss [33], формируя равновзвешенный портфель из топ-10 акций с наибольшей прогнозной вероятностью роста. Более строгий подход – решать задачу: $\max_{w} \frac{w^T \hat{\mu}}{\sqrt{w^T \sum w}}$, где $\hat{\mu}$ – вектор прогнозов доходности, Σ – ковариационная матрица (может оцениваться по историческим данным либо также прогнозироваться). Так достигается максимизация ожидаемого коэффициента Шарпа.

Многие работы используют упрощения – например, принимают ковариацию равной исторической (или диагональной для независимых активов), чтобы сосредоточиться на улучшении $\hat{\mu}$. В результате сравнивается эффективность портфелей, построенных на основе прогнозов и на основе исторических средних или наивных стратегий.

Как правило, портфели с прогнозами демонстрируют более высокую доходность по сравнению с равновесным $1/N$ или рыночным индексом. Это отмечается как для традиционных рынков, так и для криптовалют [34]. Однако сама по себе задача оптимизации портфеля может быть усложнена различными ограничениями. В реальных условиях инвестор может накладывать запрет на короткие позиции, требования к диверсификации (не более M активов в портфеле) и т.п. Включение таких ограничений затрудняет аналитическое решение. Например, требование не более M активов делает задачу целочисленной (ограничение на кардинальность портфеля), решение которой требует перебора или специальных эвристик, как, например, было реализовано у Butler и Kwon [35] и у Chang и др. [36].

Многие исследования поэтому либо фиксируют заранее состав портфеля (например, топ-10 прогнозно лучших акций) перед оптимизацией, либо игнорируют ряд ограничений для упрощения. Тем не менее появляются работы, которые интегрируют ограничения непосредственно в

процедуру оптимизации с помощью дифференцируемых суррогатов. Так, Zhang и др. [37] предложили нейросетевой подход, где сеть напрямую выдает веса портфеля, оптимизируя коэффициент Шарпа, и при этом в целевую функцию встроены штрафы за превышение заданного числа активов, лимита на плечо и т.д. Это позволяет учесть ограничения (кардинальность, максимальную позицию на инструмент, использование заемных средств) прямо в обучении модели, чего традиционная двухшаговая схема «прогноз + оптимизация» обычно не делает.

Другая группа подходов – динамическое перераспределение и ребалансировка. Интервал, через который пересматриваются прогнозы и веса портфеля, играет большую роль. Большинство подходов используют фиксированный горизонт прогнозирования (например, дневной) и такую же частоту ребалансировки – это упрощает тестирование стратегии. Например, прогнозы LSTM на 1 день вперед применяются для ежедневного обновления портфеля криптовалют. Такой статический по структуре подход (когда модель и критерии не меняются со временем) не учитывает возможных смен режимов рынка. В последние годы появились методы, добавляющие уровень динамической адаптации. Один из вариантов – предварительно классифицировать состояния рынка и переключать стратегию. Li и др. [38] используют кластеризацию K-средних для идентификации режимов волатильности рынка и Байесовскую модель для прогнозирования переходов между режимами. В зависимости от предсказанного режима меняются и оптимальные веса (например, при высокой волатильности портфель смещается к минимальному риску). Такой режимный или адаптивный подход позволил достичь значительно более высоких показателей доходности портфеля по сравнению со статической стратегией. Другой подход – периодическое переобучение модели по мере поступления новых данных. Wang и др. [39] для крипто-портфеля применили ансамбль стратегий глубокого обучения с подкреплением (reinforcement learning), которое осуществляется через заданные интервалы времени, чтобы учесть нелинейные сдвиги распределения. Они показали, что регулярное обновление параметров модели повышает устойчивость результатов на вневыборочных периодах по сравнению с раз и навсегда обученной моделью. В контексте двухшаговых схем это эквивалентно тому, что модель-прогнозист регулярно дообучается на новых данных, а портфель пересчитывается с новыми прогнозами. В итоге тенденция такова, что динамические модели портфеля (с частой адаптацией к изменению рынка) начинают превосходить традиционные статические решения.

В исследовании Пономаревой и Шорохова [26] для прогнозирования доходностей российских акций была применена рекуррентная нейронная сеть LSTM. Описаны принцип построения оптимального портфеля и способ усовершенствования его точности с помощью модели прогнозирования будущих доходностей акции, основанной на методе машинного обучения. Рассмотрено обучение рекуррентной нейронной сети LSTM, способной вычислять вектор ожидаемых доходностей на следующий торговый день. С использованием полученных данных и подхода построения оптимального портфеля были получены доли, с которыми должны быть взяты активы в портфель, для достижения максимального дохода. Данный подход был применен на данных акций российских компаний и показал приемлемую точность. Однако данный метод не допускает возможности гибко изменять горизонт прогнозирования, динамически изменять состав компаний для анализа, задавать аппетит к доходности и возможность коротких позиций.

Добрина и Чернов [27] предложили объединение классического подхода Марковица с алгоритмами машинного обучения для улучшения оценки ожидаемых доходностей и рисков. В их подходе строится инвестиционный портфель, а затем с помощью моделей машинного обучения прогнозируются его изменения в будущем. Однако стоит обратить внимание на недостаток гибкости данного подхода – построение портфеля и дальнейшее прогнозирование его состояния могут привести к перезапуску оптимизации портфеля при прогнозировании падения его эффективности. Альтернативный подход – прогнозирование цен активов и оптимизация портфеля на каждый шаг инвестирования.

Коновалова и Абузов [28] изучают возможности комбинированного подхода, сочетающего генетические алгоритмы и машинное обучение. Используются нейронная сеть LSTM для построения прогнозов доходностей и генетические алгоритмы для поиска оптимальных весов инвестиционного портфеля. По мнению авторов, генетические алгоритмы добавляют гибкость и адаптивность, однако количественные показатели точности и эффективности нового подхода в исследовании не приводятся.

Zhang, Zohren и Roberts [29] исследуют использование глубокого обучения для оптимизации портфелей с целью максимизации коэффициента Шарпа, исключая традиционное прогнозирование доходностей. В основе подхода лежит применение LSTM для обработки временных рядов данных ETF (акций, облигаций, товаров и индекса волатильности), что снижает сложность выбора активов и повышает диверсификацию. Модель показала превосходные результаты в сравнении с традиционными методами (Марковица, максимальной диверсификации) на данных с 2011 по 2020 год, включая кризис COVID-19, благодаря эффективной переаллокации активов.

Полетаев и Спиридонова [30] предлагают метод уменьшения размерности данных при оптимизации портфеля, основанный на иерархической кластеризации ценных бумаг с использованием коэффициента корреляции Пирсона в качестве меры близости. Авторы исследуют влияние различных параметров кластеризации на качество оптимального решения и демонстрируют, что предложенный подход позволяет сократить вычислительные затраты при незначительном снижении доходности портфеля.

Corsaro и De Simone [31] предлагают усовершенствование классической модели Марковица путем добавления l_1-регуляризационного члена к целевой функции. Это способствует получению разреженных решений, где капитал распределяется между ограниченным числом активов, что снижает транзакционные издержки и упрощает управление портфелем. Кроме того, l_1-регуляризация ограничивает объем коротких позиций, что актуально в условиях рыночных ограничений на такие операции. Проведенные численные тесты демонстрируют эффективность предложенного подхода в достижении финансовых целей инвесторов.

Проанализировав литературу, можно выявить ряд общих ограничений и проблем, присущих современным подходам к оптимизации портфеля на базе прогнозов:

1. Недостаточная гибкость по горизонту прогнозирования и инвестирования. Многие исследования фиксируют единый горизонт (например, дневной прогноз и дневную же ребалансировку) и не тестируют работу модели на других интервалах [40]. Модель LSTM, обученная на дневных данных, может не подойти для прогнозов на месяц без переобучения. Это снижает практическую ценность: инвесторы могут иметь разные горизонты инвестирования, и отсутствие адаптивности по времени – минус. Кроме того, инвестиционные стратегии часто требуют согласования прогнозного горизонта с периодом удержания активов, что не всегда учитывается – например, модель может предсказывать недельную доходность, а портфель перестраивается ежемесячно, что приводит к рассинхронизации.

2. Использование только одного семейства моделей. Значительная часть работ фокусируется на одном типе модели (зачастую – деревья решений или только LSTM) и не рассматривает альтернативы. Однако известно, что качество прогнозов сильно зависит от природы данных и актива. В одних случаях лучше работают нелинейные деревья, в других – глубокие сети, в-третьих – даже простые линейные модели. Ограничение подхода одним модельным классом повышает риск, что выбранная модель не улавливает важных особенностей данных. Так, в работе [41] показано, что модель, отлично зарекомендовавшая себя на криптовалютах (рынок с высокой волатильностью), при прямом переносе на рынок акций дала существенно худшие результаты. Это свидетельствует о необходимости более гибкого выбора моделей. К сожалению, в литературе до сих пор редко встречается сравнение нескольких семейств моделей на одной задаче – обычно авторы берут наиболее успешный метод и демонстрируют его преимущество над базовым (ARIMA или $1/N$). Лишь

немногие обзоры (например, Ballings и др. [42], Berat Sezer и др., [43]) систематически сравнивали множество алгоритмов на финансовых данных.

3. Отсутствие адаптивного выбора моделей под каждый актив. Связанное с предыдущим, но более тонкое ограничение – даже если в работе используются, например, несколько моделей, зачастую они применяются универсально ко всем активам портфеля. Между тем разные акции или криптовалюты могут обладать разной динамикой – одна более трендовая, другая более цикличная, третья реагирует на макропоказатели. Идеально было бы для каждого актива (или кластера схожих активов) подбирать наилучшую модель прогноза. В имеющейся литературе такой подход почти не реализован – обычно строится единая модель (например, многомерная LSTM сразу на все активы либо отдельная модель одного типа на каждый актив). Адаптивный подбор модели под актив мог бы повысить точность – например, использовать ARIMA там, где ряд близок к стационарному, и использовать нейросеть там, где наблюдаются сложные нелинейности. Пока что эта идея больше предложена теоретически, чем реализована на практике. Некоторые авторы предлагают ансамбли моделей именно с расчетом на диверсификацию по активам, но прямой адаптации «один актив – одна модель» не встречается. Причины включают усложнение вычислений (нужно обучать множество моделей) и риск переобучения при малых данных по отдельным инструментам.

4. Ограничения в параметризации портфеля. Многие научные работы накладывают упрощающие допущения на задачу оптимизации, которые снижают гибкость стратегии. Например, часто запрещаются короткие позиции (отрицательные веса) – портфель получается только длинным, хотя в реальности хедж-фонды, например, активно используют короткие позиции. Это делается либо для удобства (исключить перенос риска через короткие продажи), либо из-за ограничений данных (не все акции можно «шортить»). Еще одно ограничение – фиксированное число активов в портфеле: чтобы упростить задачу, исследователи нередко заранее ограничивают, что будут инвестировать, например, в топ-10 или топ-20 акций по прогнозу [36]. Это обеспечивает некую диверсификацию и снижает размерность задачи, но опять же убирает из рассмотрения целый пласт возможных оптимальных решений (а именно различные комбинации большего числа активов с малыми долями). Также редко учитываются дополнительные цели и параметры, кроме доходности и риска. Например, у реального инвестора могут быть ограничения на отраслевую структуру, желаемый уровень прозрачности портфеля, лимиты на оборот (turnover) при ребалансировке и т.п. В академических работах такие детали часто опускаются – оптимизируются либо только доходность, либо максимум доходности при заданном риске. В результате метод оказывается менее пригоден к непосредственному применению, где таких ограничений множество. Отдельно стоит упомянуть, что параметры оптимизации зачастую фиксированы – например, уровень допустимого риска или целевой уровень по доходности берутся константой. В реальности их тоже можно было бы адаптировать под условия (скажем, повышать допустимый риск в благоприятных режимах рынка), но в рассматриваемых подходах это почти не встречается.

5. Отсутствие динамического изменения состава портфеля. Хотя формально все рассмотренные схемы предполагают какую-то периодическую ребалансировку, во многих исследованиях портфель формируется в начале тестового периода, и дальше его состав либо редко пересматривается, либо меняется незначительно. Например, если модель прогнозирует, что одни и те же пять акций стабильно в лидерах, портфель будет состоять из них на всем протяжении. Динамическое перераспределение – сильная сторона современных алгоритмов (особенно обучение с подкреплением), но в классических «прогноз + оптимизация» обычно реализуется как регулярная (например, ежемесячная) оптимизация заново. Это динамика, но не зависящая от состояния рынка (а только от календаря). Ограничение проявляется в том, что состав активов часто остается статичным – к примеру, ряд работ по криптовалютам фокусируется на распределении между несколькими крупнейшими монетами и не рассматривает возможность в течение процесса выйти

из одних альткоинов и войти в другие [41]. Иными словами, состав активов остается неизменным, меняются лишь веса. В реальности же инвестор по мере изменения прогнозов мог бы исключать одни инструменты и добавлять новые. Наличие транзакционных издержек и ограничений ликвидности, конечно, сдерживает частое перераспределение, но в научных работах эти факторы нередко вообще не моделируются. Поэтому отсутствие механизмов адаптивного изменения набора активов – заметный пробел. Некоторые свежие исследования предлагают решения – например, введение штрафа за изменение весов (чтобы контролировать оборот) или комбинирование прогнозной модели с классификатором, решающим, какие активы включать (feature selection).

Вышеперечисленные ограничения можно сгруппировать следующим образом:

• Данные подходы не допускают возможности гибко изменять горизонт инвестирования и прогнозирования, адаптивно выбирать наилучшие модели машинного обучения для каждого актива, динамически изменять состав активов для формирования портфеля, задавать аппетит к доходности и возможность коротких позиций.

• В подходах, использующих модели машинного обучения для прогнозирования будущих доходностей активов, в основном используется только одно семейство алгоритмов машинного обучения (часто LSTM или ARIMA), однако качество построенной модели нередко зависит от данных (временного ряда) и выбранного актива. Существует множество методов машинного обучения, успешно применяемых для прогнозирования динамики цифровых активов. Однако успешность того или иного подхода и точность прогноза зависят от данных. Нет универсального метода прогнозирования. Один и тот же метод прогнозирования может хорошо работать на данных одного актива и плохо на данных другого.

Цель, задачи и объект исследования

На основе анализа литературы и выявленных ограничений существующих подходов формирования инвестиционных портфелей с помощью машинного обучения в рамках данного исследования были поставлены следующие цель и задачи. Целью данного исследования являются разработка и апробация комплексного подхода оптимизации криптовалютного портфеля, основанного на интеграции современных методов машинного обучения. Объектом исследования являются процесс оптимизации портфеля криптовалют, включающий прогнозирование их доходности, а также применение автоматизированных систем управления инвестиционными решениями в условиях рыночной неопределенности. Исходя из данной цели и ограничений существующих подходов, в рамках исследования были поставлены следующие задачи:

• на основе обзора литературы выбрать современные методы машинного обучения для прогнозирования цен криптовалют;

• на основе прогнозов цен данными методами разработать подход оптимизации портфеля криптовалют, который предоставляет гибкость в выборке параметров данной оптимизации (горизонт инвестирования, требования к доходности, разрешение коротких позиций, количество активов);

• провести эксперименты и оценку качества оптимизации портфеля с помощью выбранной архитектуры.

Методы и материалы

Сбор и предобработка данных

Первая стадия работы включает получение данных о котировках ведущих криптовалют на основе API CoinGecko. В качестве входящих данных используется число – количество активов-кандидатов для сбора портфеля. Отбираются криптоактивы, отсортированные по рыночной капитализации от наибольшей на день анализа до наименьшей, после чего их тикеры валидируются для использования в библиотеке yfinance (с серверов Yahoo Finance). Загруженные временные

ряды очищаются от пропущенных значений, нормализуются и приводятся к единому формату временной дискретизации. Для масштабирования признаков используются различные стратегии с учетом специфики криптовалютных данных.

Второй параметр входных данных – горизонт прогнозирования – количество дней, на который планируется собрать портфель.

Третий параметр входных данных – стратегия масштабирования. Поскольку шаг временного ряда для скачивания данных из библиотеки yfinance всегда одинаковый – 1 день, при горизонте прогнозирования более 1 дня (например, 7 дней) необходимо агрегировать данные для данного горизонта прогнозирования. В данном подходе реализованы три стратегии такой агрегации:

- Усреднение. В качестве цены для каждого шага с заданным интервалом (горизонтом прогнозирования) принимается среднее арифметическое по всем дням, входящим в данный интервал.
- Медиана. В качестве цены для каждого шага с заданным интервалом (горизонтом прогнозирования) принимается медиана по всем дням, входящим в данный интервал.
- Прореживание. В качестве цены для каждого шага с заданным интервалом (горизонтом прогнозирования) принимается последняя цена в заданном интервале. Остальные дни не учитываются.

Построение прогнозов

В рамках данного исследования было принято использовать все методы прогнозирования цен, зарекомендовавшие себя в обзоре литературы. Для прогнозирования будущих цен криптоактивов применяются четыре основных подхода:

1. ARIMA [32]. Классическая модель линейного прогнозирования, хорошо учитывающая сезонность и тенденции в стационарных временных рядах. Применяется алгоритм Канова–Хансена [32] для оптимизации гиперпараметров модели в зависимости от прохождения теста на стационарность (расширенный тест Дики–Фуллера [32]) и критерия качества модели (критерий Акаике [32]).
2. Chronos Forecasting [44]. Библиотека глубокого обучения от Amazon Science, позволяющая строить масштабируемые и точные прогнозы для сложных временных рядов на основе архитектуры на базе трансформера T5 от команды Google [45]. С данной моделью используется способ обучения внутри контекста.
3. GMDH. Самоорганизующаяся модель группового учета аргументов, оптимизирующая внутренний и внешний критерий для достижения оптимальной структуры[1].
4. LSTM. Рекуррентная нейронная сеть, оптимизированная для работы с последовательными данными, способная запоминать долгосрочные зависимости и корректировать прогноз на основе новых трендов [46].

Предложенный в данной статье подход является адаптивным к каждому набору данных (индивидуально для каждого набора данных определяется наиболее точная модель прогнозирования).

Процесс построения прогнозов включает несколько этапов: загрузку ценовых данных с дневной частотой через библиотеку yfinance; группировку данных в соответствии с выбранным горизонтом инвестирования (усреднение, медиану или прореживание); разбиение данных на тренировочную и тестовую подвыборки, стандартизацию данных для устранения масштабных различий между активами; обучение каждой из четырех моделей на тренировочной выборке. Все модели обучаются на одинаковом количестве признаков (10 признаков); вычисление метрики MAPE на тестовом срезе:

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i}\right| \cdot 100\%, \qquad (1)$$

[1] Ivakhnenko A.G. (1968) The Group Method of Data Handling – A Rival of the Method of Stochastic Approximation. *Soviet Automatic Control*, 1 (3), 43–55.

где n – количество наблюдений, y_i – фактическое значение цены, $\hat{y}_i$ – предсказанное значение цены.

Следующий этап – выбор лучшей модели для каждого актива на основе минимального значения MAPE.

Оптимизация портфеля

После отбора наилучших моделей для каждой криптовалюты производится объединение прогнозных и фактических цен активов в единые наборы данных:

- тренировочный набор данных прогнозных цен активов;
- валидационный набор данных прогнозных цен активов;
- тренировочный набор данных фактических цен активов;
- валидационный набор данных фактических цен активов.

Объединение производится способом INNER JOIN – сохранением только тех строк, для которых данные присутствуют одновременно по каждой из криптовалют, исключая возможные несоответствия или пропуски, что необходимо для расчета ковариационной матрицы и построения портфеля по комбинации активов. Такой подход обеспечивает согласованность наборов данных и упрощает последующую аналитическую обработку.

На тренировочном наборе прогнозных цен рассчитывается ковариационная матрица доходностей. Валидационная выборка делится на две равные части: первая используется для определения оптимальных весов портфеля, вторая – для контроля и оценки качества построенного портфеля.

Расчет метрик портфеля

Для оптимизации портфеля и расчета метрик необходимы прогнозируемые (ожидаемые) и фактические (реализованные) доходности:

прогнозируемая доходность актива $\hat{\mu}_{t+1} = \dfrac{predicted\ price_{t+1} - actual\ price_t}{actual\ price_t}$;

фактическая доходность актива $\mu_{t+1} = \dfrac{actual\ price_{t+1} - actual\ price_t}{actual\ price_t}$,

где $predicted\ price_{t+1}$ – прогнозируемая цена криптоактива на горизонт прогнозирования (t + + 1), $actual\ price_{t+1}$ – фактическая цена криптоактива на горизонт прогнозирования (t + 1), $actual\ price_t$ – фактическая цена криптоактива на момент формирования портфеля (t).

Построение ковариационной матрицы. Для обеспечения положительной определенности ковариационной матрицы выполняется пошаговый отбор (forward selection) наиболее значимых признаков. Затем на тренировочном отрезке рассчитывается ковариационная матрица доходностей:

$$\sum = \left(R - \overline{R}\right)\left(R - \overline{R}\right)^T,$$

где R — матрица доходностей активов на тренировочной выборке.

В первой части реализованного подхода определяется функция, которая на вход принимает вектор весов w, вектор ожидаемых/фактических доходностей $\hat{\mu}$ /μ и ковариационную матрицу Σ. Результатом ее работы являются две ключевые метрики портфеля:

1) ожидаемая доходность портфеля:

а) ожидаемая прогнозируемая доходность портфеля (в режиме расчета метрик по прогнозным доходностям):

$$\hat{r}_t = w^T \hat{\mu},$$

где $w = (w_1, w_2, \ldots w_N)$ – доли капитала, распределенные между N активами, а $\hat{\mu} = (\hat{\mu}_1, \hat{\mu}_2 \ldots \hat{\mu}_N)$ – вектор ожидаемых доходностей;

б) ожидаемая реализованная доходность портфеля (в режиме расчета метрик по фактическим доходностям):

$$r_t = w^T \mu,$$

где $w = (w_1, w_2, \ldots w_N)$ – доли капитала, распределенные между N активами, а $\mu = (\mu_1, \mu_2, \ldots \mu_N)$ — вектор реализованных доходностей.

2) волатильность (стандартное отклонение доходностей портфеля):

$$\hat{\sigma}_t = \sqrt{w^t \sum w},$$

где Σ – ковариационная матрица размерности $N * N$, в элементах которой содержится информация о парных взаимосвязях доходностей активов.

Псевдокод функции для вычисления этих метрик (на примере прогнозных доходностей):

1) вычисляет доходность портфеля $\hat{r}_t = w^T \hat{\mu}$;

2) вычисляет волатильность $\hat{\sigma}_t = \sqrt{w^t \sum w}$;

3) возвращает обе эти величины.

Настройка условий оптимизации

Вторая часть реализованного подхода формализует постановку задачи в традиционном виде минимизации риска (волатильности) при условии полного инвестирования $\sqrt{w^t \sum w} \to \min_w$ с основным ограничением $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1,$ обеспечивающим, что сумма весов равна 1 (весь капитал инвестирован).

Кроме того, в классической модели Марковица [1] часто рассматривается и дополнительное условие неотрицательности w_i, если не разрешены короткие позиции.

Запрет или разрешение коротких позиций

- Long-only (запрещены короткие позиции): вес $w_i \in [0, 1]$.
- С короткими позициями (short selling): вес w_i допускает отрицательные значения – например, $w_i \in [-1, 1]$.

Фиксация целевой доходности

При необходимости можно добавить еще одно равенство:

$$w^T \mu = target\ return,$$

задавая требуемый уровень ожидаемой доходности портфеля. В таком случае реализованная функция ищет минимальную волатильность при условии, что доходность не ниже заданного уровня.

Решение оптимизационной задачи

Для нахождения оптимального вектора весов w_i применяются стохастический или детерминированный методы. В данном случае используется алгоритм последовательного метода наименьших квадратов, который решает задачу нелинейного программирования с учетом ограничений. Псевдокод функции для оптимизации весов:

1) определяет число активов N;

2) формирует набор ограничений:

i. $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$;

ii. $w^T \mu = target\ return$ (если *target return* задан);

3) устанавливает границы весов ($w_i \in [0, 1]$ либо $w_i \in [-1, 1]$) в зависимости от параметра *allow short*;

4) выбирает начальное приближение в виде равномерного распределения $w_i = \frac{1}{N}$;

5) минимизирует цель: $\sqrt{w^t \sum w} \to \min_w$;

6) возвращаемый результат – вектор w, который соответствует портфелю с глобальным минимумом волатильности при заданных условиях (или портфелю, удовлетворяя дополнительному ограничению на доходность).

Оценка на тестовых данных

Первая половина валидационной выборки выступает для оценки весов и построения портфеля.

Вторая половина валидационного периода выступает в роли тестовой выборки для финальной оценки эффективности портфеля. Сравнительные результаты оцениваются на этом отрезке.

Ниже представлены основные метрики, используемые для оценки качества сформированного портфеля на выборке для построения портфеля и на тестовой выборке.

1. Среднеабсолютная ошибка доходности (Returns MAE). Для измерения точности прогнозов доходности используется следующая метрика, отражающая среднеабсолютную ошибку между прогнозируемой доходностью $\hat{r}_t$ и фактической r_t:

$$MAE = \frac{1}{t}\sum_{i=1}^{t}\left|r_t - \hat{r}_t\right|,$$

где t – количество наблюдений, $\hat{r}_t$ – прогноз доходности в момент времени t, а r_t — реализованная доходность в момент времени t. Чем меньше значение метрики, тем точнее отражаются фактические изменения доходности.

2. Суммарная доходность (Summed Returns). Для полноты анализа рассчитываются суммарные прогнозируемыея $\Sigma\hat{r}_t$ и фактические Σr_t доходности за исследуемый период. Сопоставление этих величин дает представление о совокупном уровне дохода в рамках формируемой стратегии.

Все метрики вычисляются на обеих частях валидационной выборки – на подвыборке на оптимизации портфеля и на тестовой подвыборке, что позволяет оценить как процесс оптимизации портфеля, так и его способность к обобщению на новых наиболее свежих данных. Полученные результаты дают всестороннюю характеристику качества прогнозирования и эффективности принятых инвестиционных решений, позволяя своевременно корректировать модельные допущения и стратегию управления портфелем.

Результаты и обсуждение

Настройка экспериментов

Для верификации эффективности предложенного подхода были собраны несколько наборов исторических данных по криптовалютам через API CoinGecko и библиотеку yfinance. Сформированные временные ряды доходностей использовались для обучения и тестирования предложенных моделей. Оценка качества прогнозов осуществлялась по метрике MAPE, затем определялись оптимальные веса криптоактивов в портфеле.

Следующие параметры являются конфигурируемыми для каждого инвестора в зависимости от целей инвестирования:

• *top n* – количество активов для построения портфеля, отсортированные по рыночной капитализации на текущий день от топ-1 до топ-*n* (например, топ-5);

• *num scale steps* – горизонт инвестирования в днях (например, 7 дней);

• *scaling strategy* – способ масштабирования при горизонте инвестирования в несколько шагов (больше 1) – прогноз средней цены (average), прогноз медианной цены (median), прореживание – прогноз последней цены в конце интервала (undersampling).

Также есть еще два параметра оптимизации портфеля:

• *target return* – требуемый минимальный уровень доходности (например, 10%);

• *allow short* – запрет или допуск коротких позиций (например, True (да)).

В данном исследовании были выбраны различные комбинации данных параметров.

• *top n* – 5, 10, 15, 20, 25, 30;

• *num scale steps* – 7, 10, 30;

• *scaling strategy* – average, median, undersampling;

• *target return* – отсутствует, 10%, 50%;

• *allow short* – True (да), False (нет).

Таким образом, в данном исследовании были проведены эксперименты для каждой комбинации этих параметров – всего 324 эксперимента.

Исходная выборка – все исторические дневные данные цен криптоактивов с начала их размещения ни криптобиржах (с 2009 года по день проведения экспериментов – 12 января 2025 года).

Вся выборка поделена на следующие подвыборки:

• тренировочная выборка – выборка для тренировки моделей прогноза цен – первые 70%;

○ вся выборка используется для построения ковариационной матрицы доходностей;

• валидационная выборка – выборка для расчета тестовых метрик качества моделей прогноза цен и выбора наиболее точных моделей – оставшиеся 30%;

○ выборка для оптимизации весов инвестиционного портфеля – первые 50% от вышеуказанных 30%, 15% от исходной выборки;

○ тестовая выборка – выборка для расчета метрик качества оптимизации инвестиционного портфеля – вторые 50% от вышеуказанных 30%, 15% от исходной выборки.

Для теста используются наиболее свежие данные на дату исследования – 12 января 2025 года – данные цен по 11 января 2025 года.

Результаты и анализ

В данной главе приводится анализ данных результатов экспериментов.

Средняя среднеабсолютная ошибка прогноза доходности портфеля на выборке для построения портфеля – 0.058, на выборке для тестирования портфеля – 0.132. Интерпретация данного показателя – в среднем, на тестовой выборке фактическая доходность построенного портфеля отличалась на 13,2% от предсказанной доходности данного портфеля, что является достаточно низким отклонением. Данный показатель на выборке для построения портфеля ожидаемо ниже, но незначительно, что говорит об устойчивости построенных портфелей в течение всего горизонта прогнозирования.

Рассмотрим подробнее тестовую выборку. Основная масса распределения среднеабсолютных ошибок прогнозирования доходностей сформированных портфелей на тестовой выборке близка к 0, среднее – 132, что говорит об устойчивости прогнозов. Далее рассмотрим распределение фактических реализованных доходностей по каждому из 324 экспериментов. Основная масса распределения находится справа от 0, среднее – 0.552. То есть в среднем данный подход формирования портфеля фактически принес дополнительно 55.2% к исходному депозиту. Доля портфелей с положительной фактической доходностью на тестовой выборке – 83.3% (270/324). Посмотрим на сегменты – *top n*, *num scale steps*, *scaling strategy*, *target return*, *allow short*.

Количество активов-кандидатов

Четкой зависимости качества построения портфеля от количества активов-кандидатов не наблюдается: средняя фактическая доходность сформированного портфеля (топ-5 – 0.496, топ-10

– 0.781, топ-15 – 0.408, топ-20 – 0.574, топ-25 – 0.597, топ-30 – 0.458), среднеабсолютная ошибка прогнозной доходности сформированного портфеля (0.05, 0.193, 0.167, 0.105, 0.134, 0.144 соответственно), а также доля сформированных портфелей с положительной доходностью на тестовой выборке (0.833, 0.796, 0.778, 0.852, 0.889, 0.852 соответственно) не изменяются в зависимости от количества активов-кандидатов. Данное наблюдение подчеркивает устойчивость рассматриваемого подхода формирования инвестиционного портфеля. Более тщательный анализ распределения оставляет вывод прежним. Таким образом, данный подход достаточно устойчив к количеству активов кандидатов для формирования портфеля.

Горизонт прогнозирования

Распределение фактических доходностей сформированных портфелей на тестовой выборке имеет похожую форму во всех трех вариантах горизонтов прогнозирования. Однако есть незначительная тенденция к росту фактических доходностей при увеличении горизонта прогнозирования. Среднее арифметическое растет от 0.504 для 7 дней, до 0.557 для 10 дней и для 0.595 на 30 дней (рис. 1).

При этом доля портфелей с положительной фактической доходностью сформированного портфеля на тестовой выборке примерно остается одинаковой (0.853 для 7 дней, 0.824 для 10 дней, 0.824 для 30 дней). Также незначительно растет и среднеабсолютное отклонение прогнозных доходностей от фактических на тестовой выборке (0.081 для 7 дней, 0.117 для 10 дней, 0.199 для 30 дней). Незначительный рост ошибки прогноза и рост фактической доходности обусловлены ростом неопределенности при увеличении горизонта прогнозирования – чем длиннее горизонт прогнозирования, тем выше неопределенность и волатильность.

Режим масштабирования

На рис. 2 представлены распределения фактических доходностей собранных портфелей на тестовой выборке для каждой из стратегий масштабирования. Видно, что среднее арифметическое и медиана примерно похожи (медиана незначительно лучше), однако прореживание значительно уступает остальным.

Данный вывод подтверждается при анализе доли портфелей с положительной доходностью на тестовой выборке – она максимальная у медианы (0.926) и минимальная с большим отрывов у прореживания (0.769). Среднее арифметическое – 0.806. Тот же вывод подтверждает среднеабсолютная ошибка – 0.115 при среднем арифметическом, 0.15 при медиане и выше (0.131) при прореживании. Таким образом, при обучении моделей машинного обучения для формирования инвестиционного портфеля следует избегать прореживание как режим масштабирования.

Целевая доходность

Следует отметить значительную разницу между режимами с заданной целевой доходностью и без нее. Сформированные портфели при заданной целевой доходности являются более агрессивными – фактическая реализованная доходность выше, если портфель сформирован при дополнительном ограничении на целевую доходность (0.766 при целевой доходности 10%, 0.794 при целевой доходности 50%), в отличие от варианта без ограничений на целевую доходность (0.097). Доля портфелей с положительной фактической доходностью сформированного портфеля на тестовой выборке в зависимости от режима целевой доходности: 0.806 без заданной целевой доходности, 0.852 при целевой доходности 10%, 0.843 при целевой доходности 50%. Рост доходности при более агрессивных инвестиционных целях достигается ценой роста волатильности портфеля – среднеабсолютная ошибка прогнозной доходности растет (рис. 3).

Таким образом, более агрессивные конфигурации с заданной целевой доходностью ведут к росту доходности портфеля, вместе с тем растет и риск.

Короткие позиции

Фактическая доходность портфеля при ограничении на короткие позиции незначительно (0.562) выше доходности портфеля с короткими позициями (0.542). Тот же вывод подтверждается

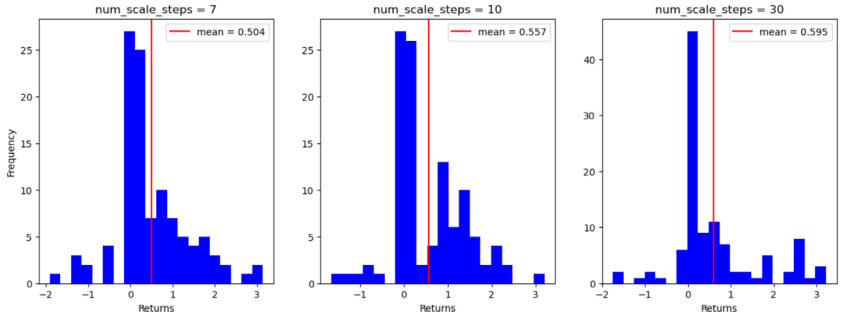


Рис. 1. Распределение фактической доходности сформированного портфеля на тестовой выборке для разных горизонтов прогнозирования

Fig. 1. Distribution of factual returns of formed portfolios on different forecast horizons

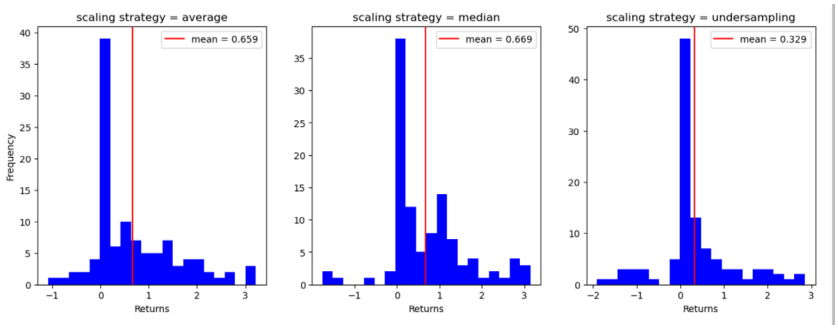


Рис. 2. Распределение фактической доходности сформированного портфеля на тестовой выборке для разных режимов масштабирования

Fig. 2. Distribution of factual returns of formed portfolios on different scaling approaches

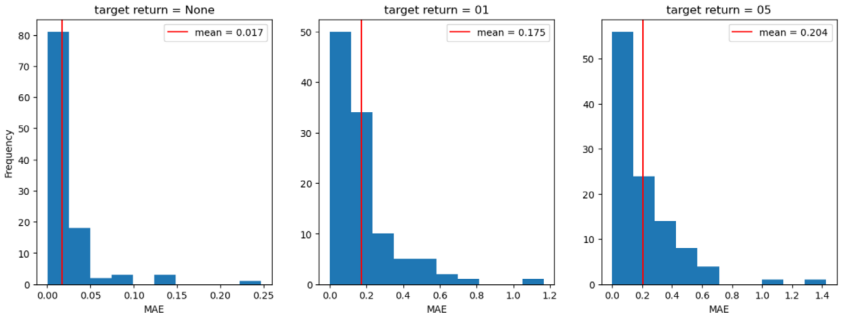


Рис. 3. Распределение среднеабсолютной ошибки прогнозной доходности сформированного портфеля на тестовой выборке для разных режимов целевой доходности

Fig. 3. Distribution of mean absolute error of forecasted returns of formed portfolios on different target return modes

при анализе доли портфелей с положительной фактической доходностью на тестовой выборке – значительно выше с конфигурациями без коротких продаж: 0.759 без ограничения, 0.907 при ограничении. В конфигурациях с короткими позициями среднеабсолютная ошибка прогнозной доходности портфеля увеличивается более чем в 2 раза (с 0.081 до 0.183) в сравнении с конфигурациями без коротких продаж. Возможная гипотеза – короткие позиции на практике более

быстры в динамике, падения цен обычно более резки, чем их рост, отчего такие позиции и называются «короткими», а позиции на рост – «длинными». Возможно, тренды на падения цен имеют кардинально другую структуру и паттерны поведения, для которых требуется отдельный подход, в связи с чем качество оптимизации портфеля данным подходом не является оптимальным для совместных длинных и коротких позиций. Данную гипотезу следует проверить отдельно. Исследование коротких позиций выходит за рамки данной статьи. Таким образом, добавление возможности коротких продаж, скорее всего, увеличивает неопределенность портфеля, поскольку динамика цен при их падении отличается от динамики цен при растущем рынке, что требует отдельного исследования.

Выводы

Автор статьи представил подход к оптимизации портфеля криптовалют, объединяющий методы прогнозирования временных рядов с гибкими стратегиями оптимизации. Использование моделей ARIMA, Chronos Forecasting, GMDH и LSTM в сочетании с методами минимизации рисков и увеличения доходности позволило построить приемлемые по доходности портфели.

Предложенный подход включает несколько ключевых аспектов, способствующих ее успешной реализации:

1. Адаптивный выбор моделей прогнозирования. Подход предусматривает тестирование нескольких моделей на основе метрики MAPE и выбор наиболее подходящей для каждого актива, что минимизирует ошибки прогноза и повышает точность оценок будущих доходностей.

2. Масштабируемость. Предложенный подход формирования инвестиционного портфеля поддерживает различные горизонты прогнозирования и различное количество активов-кандидатов, позволяя инвесторам адаптировать стратегию к своим индивидуальным потребностям и предпочтениям.

3. Гибкость конфигурации портфеля. Возможность задавать целевые уровни доходности, учитывать ограничение на короткие позиции и варьировать состав активов является универсальным для широкого круга пользователей.

4. Сбалансированность риска и доходности. Экспериментальные результаты демонстрируют, что формирование инвестиционного портфеля предложенным подходом позволяет добиться положительной доходности, сохраняя приемлемый уровень риска даже при агрессивных инвестиционных стратегиях.

Эксперименты, проведенные на реальных данных, подтвердили, что предложенный подход способен генерировать положительные результаты в большинстве конфигураций. Среднеабсолютная ошибка прогнозов доходности составила 13,2% на тестовой выборке, что является приемлемым показателем для рынков с высокой волатильностью. Средняя фактическая доходность портфелей составила 55,2%, при этом доля портфелей с положительной доходностью достигла 83,3%. Если использовать только медиану как режим масштабирования, то средняя фактическая доходность портфелей достигает 66.9% от исходного депозита, а доля портфелей с положительной фактической доходностью достигает 92.6%.

Анализ влияния различных параметров на результаты оптимизации выявил важные закономерности:

- Увеличение горизонта прогнозирования приводит к росту доходности, но также увеличивает неопределенность прогнозов.
- Режимы масштабирования, основанные на усреднении и медианном значении, показали наилучшие результаты, тогда как прореживание существенно снижает точность прогнозов.
- Ограничение на короткие позиции уменьшает неопределенность и повышает точность оптимизации, однако приводит к снижению потенциальной доходности.
- Агрессивные стратегии с заданной целевой доходностью демонстрируют более высокую доходность, но сопровождаются повышенными рисками.

В работе были выявлены области, требующие дальнейшего изучения. Во-первых, помимо реализованного поиска оптимальных гиперпараметров ARIMA существует необходимость интеграции современных методов адаптивного поиска оптимальных гиперпараметров для LSTM и GMDH в зависимости от криптоактива и данных. Во-вторых, требуется проведение углубленного анализа динамики коротких позиций, так как их поведение имеет уникальные характеристики, которые не всегда могут быть точно учтены обобщающими подходами. В-третьих, помимо модифицированного традиционного подхода Г. Марковица можно применить другие подходы к оптимизации портфеля – например, генетические алгоритмы, упомянутые в обзорной части статьи. Наконец, целесообразно рассмотреть возможность интеграции дополнительных факторов риска и использования альтернативных стратегий оптимизации, таких как многокритериальные методы.

Заключение

Результаты данного исследования можно сформулировать следующим образом:

1. Предложен подход к оптимизации инвестиционного портфеля, объединяющий адаптивный выбор оптимальных моделей прогнозирования (ARIMA, Chronos Forecasting, GMDH, LSTM) с гибкой настройкой оптимизации. Это позволяет минимизировать ошибки прогнозов и эффективно управлять распределением активов даже в условиях высокой волатильности рынка.
2. Проведены 324 эксперимента с применением предложенного подхода, которые показали устойчивую положительную доходность, что демонстрирует потенциал предложенного подхода для практического применения в управлении инвестициями.
3. Подробно рассмотрено влияние таких параметров, как горизонт прогнозирования, стратегия масштабирования, целевая доходность и возможность коротких позиций, количество активов в портфеле. Полученные результаты дают обоснование выбора настроек для формирования устойчивых и гибких инвестиционных портфелей в зависимости от индивидуальных инвестиционных целей.
4. Открытие направлений для будущих исследований. Выявлены области для дальнейших исследований: интеграция адаптивного подбора гиперпараметров для моделей LSTM и GMDH, детальный анализ динамики коротких позиций, а также применение предложенного подхода к традиционным финансовым рынкам и другим классам активов.

Таким образом, автором предложен подход применения методов машинного обучения и прогнозирования временных рядов в задачах оптимизации инвестиционных портфелей – универсальный и адаптивный инструмент для повышения эффективности управления рисками и доходностью инвестиций.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Markowitz H. (1952) Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7 (1), 77–91. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x

2. Sharpe, W.F. (1964) Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *Journal of Finance*, 19 (3), 425–442. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x

3. Редькин Н.М. (2019) Оптимизация инвестиционного портфеля на российском фондовом рынке в контексте поведенческой теории. *Финансы: теория и практика*, № 23 (4), 99–116. DOI: https://doi.org/10.26794/2587-5671-2019-23-4-99-116

4. Михайлов А.Ю. (2017) Теория оценки стоимости криптоактивов. *Финансовая аналитика: проблемы и решения*, 10 (6), 691–700. DOI: https://doi.org/10.24891/fa.10.6.691

5. Briere M., Oosterlinck K., Szafarz A. (2015) Virtual Currency, Tangible Return: Portfolio Diversification with Bitcoins. *Journal of Asset Management*, 16 (6), 365–373. DOI: https://doi.org/10.1057/jam.2015.5

6. Popper N. (2015) Digital Gold: *The Untold Story of Bitcoin*, London: Penguin.

7. Михайлов А.Ю. (2018) Ценообразование на рынке криптоактивов и взаимосвязь с фондовыми индексами. *Финансовая аналитика: проблемы и решения*, 24 (3), 641–651. DOI: https://doi.org/10.24891/fc.24.3.641

8. Kukacka J., Kristoufek L. (2020) Fundamental and speculative components of the cryptocurrency pricing dynamics. *Financial Innovation*, 6, art. no. 61. DOI: https://doi.org/10.1186/s40854-023-00465-7

9. Hakim das Neves, R. (2020) Bitcoin pricing: impact of attractiveness variables. *Financial Innovation*, 6, art. no. 21. DOI: https://doi.org/10.1186/s40854-020-00176-3

10. Srokosz W., Kopyscianski T. (2015) Legal And Economic Analysis Of The Cryptocurrencies Impact On The Financial System Stability. *Journal of Teaching and Education*, 4, 619–627. [online] Available at: https://universitypublications.net/jte/0402/pdf/F5N180.pdf [Accessed 15.04.2025]

11. Sanshao P., Prentice C., Shams S., Sarker T. (2024) A systematic literature review on the determinants of cryptocurrency pricing. *China Accounting and Finance Review*, 26 (1), 1–30. DOI: https://doi.org/10.1108/CAFR-05-2023-0053

12. Madichie Ch., Ngwu F., Eze E., Maduka O. (2023) Modelling the dynamics of cryptocurrency prices for risk hedging: The case of Bitcoin, Ethereum, and Litecoin. *Cogent Economics and Finance*, 11 (1). DOI: https://doi.org/10.1080/23322039.2023.2196852

13. Sukomardojo T., Pamikatsih M., Arpianto Yu., Nuraini A., Fatmawati E. (2023) Cryptocurrency and Macro-Economic Stability: Impacts and Regulations. *International Journal of Science and Society*, 5 (4), 734–745. DOI: https://doi.org/10.54783/ijsoc.v5i4.842

14. Sovbetov Yh. (2018) Factors Influencing Cryptocurrency Prices: Evidence from Bitcoin, Ethereum, Dash, Litcoin, and Monero. *Journal of Economics and Financial Analysis*, 2 (2), 1–27. [online] Available at: https://ssrn.com/abstract=3125347 [Accessed 15.04.2025]

15. Ghysels E., Nguyen G. (2019) Price Discovery of a Speculative Asset: Evidence from a Bitcoin Exchange. *Journal of Risk and Financial Management*, 12 (4), art. no. 164. DOI: https://doi.org/10.3390/jrfm12040164

16. Chen C., Hardle W.K., Hou A., Wang W. (2018) Pricing Cryptocurrency Options: The Case of Bitcoin and CRIX. *SSRN Electronic Journal*. DOI: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3159130

17. Conlon Th., Mcgee R. (2020) Betting on Bitcoin: Does gambling volume on the blockchain explain Bitcoin price changes? *Economics Letters*, 191, art. no. 108727. DOI: http://doi.org/10.1016/j.econlet.2019.108727

18. Shen D., Urquhart A., Wang P. (2019) Does twitter predict Bitcoin? *Economics Letters*, 174, 118–122. DOI: https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.11.007

19. Zhang W., Shen D., Zhang Yo., Xiong X. (2013) Open source information, investor attention, and asset pricing. *Economic Modelling*, 33, 613–619. DOI: https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.03.018

20. Zhang Yo., Song W., Shen D., Zhang W. (2016) Market reaction to internet news: Information diffusion and price pressure. *Economic Modelling*, 56, 43–49. DOI: https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.03.020

21. Datta B., Hodor I. (2021) Cryptocurrency, Mining Pools' Concentration, and Asset Prices. *SSRN Electronic Journal*. DOI: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3887256

22. Afjal M., Sajeev K. (2022) Interconnection between cryptocurrencies and energy markets: an analysis of volatility spillover. *OPEC Energy Review*, 46 (3), 287–309. DOI: http://doi.org/10.1111/opec.12227

23. Никитина Е.А., Мясникова Е.Б. (2017) Подходы к оптимизации портфеля ценных бумаг по критерию риска. *Известия ТулГУ*, 4–1, 24–36.

24. Bader B. (2016) Automated, Efficient, and Practical Extreme Value Analysis with Environmental Applications. *arXiv:1611.08261*. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1611.08261

25. Балынин И.В. (2016) Оптимизация инвестиционного портфеля в контексте практической реализации рискориентированного подхода: многообразие методов и принципов. *Экономический анализ: теория и практика*, 10 (457), 79–92.

26. Пономарева Л.М., Шорохов С.Г. (2023) Построение оптимального инвестиционного портфеля с прогнозом доходностей активов методами машинного обучения. *Молодой ученый*, 21 (468), 131–135.

27. Добрина М.В., Чернов В.П. (2024) Оптимизация и прогнозирование портфеля ценных бумаг на основе методов машинного обучения. *Проблемы экономики и юридической практики*, 20 (4), 258–267. DOI: https://doi.org/10.33693/2541-8025-2024-20-4-258-267

28. Коновалова М.Е., Абузов А.Ю. (2024) Математическая модель оптимизации портфеля инвестиций с учетом риска и финансовых ограничений в управлении предприятием. *Фундаментальные исследования*, 1, 20–24; DOI: https://doi.org/10.17513/fr.43551

29. Zhang Z., Zohren S., Roberts S. (2020) Deep Learning for Portfolio Optimisation. *The Journal of Financial Data Science*, 2 (4), 8–20. DOI: https://dx.doi.org/10.3905/jfds.2020.1.042

30. Полетаев А.Ю., Спиридонова Е.М. (2020) Иерархическая кластеризация как метод снижения размерности в задаче оптимизации инвестиционного портфеля Марковица. *Моделирование и анализ информационных систем*, 27 (1), 62–71. DOI: https://doi.org/10.18255/1818-1015-2020-1-62-71

31. Corsaro S., De Simone V. (2018) Adaptive l1-regularization for short-selling control in portfolio selection. *Computational Optimization and Applications*, 72 (2), 457–478. DOI: https://doi.org/10.1007/s10589-018-0049-4

32. Wilson G.T. (2016) Time Series Analysis: Forecasting and Control, 5th Edition, by George E. P. Box, Gwilym M. Jenkins, Gregory C. Reinsel and Greta M. Ljung, 2015. Published by John Wiley and Sons Inc., Hoboken, New Jersey, pp. 712. ISBN: 978-1-118-67502-1. *Journal of Time Series Analysis*, 37 (5), 709–711. DOI: https://doi.org/10.1111/jtsa.12194

33. Fischer Th., Krauss Ch. (2018) Deep learning with long short-term memory networks for financial market predictions. *European Journal of Operational Research*, 270 (2), 654–669. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.11.054

34. Zhang Ch., Zhang Z., Cucuringu M., Zohren S. (2021) A Universal End-to-End Approach to Portfolio Optimization via Deep Learning. *arXiv:2111.09170*. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.09170

35. Butler A., Kwon R. (2021) Integrating Prediction in Mean-Variance Portfolio Optimization. *SSRN Electronic Journal*. DOI: https://doi.org/10.2139/ssrn.3788875

36. Chang T.-J., Meade N., Beasley J.E., Sharaiha Y.M. (2000) Heuristics for cardinality constrained portfolio optimisation. *Computers & Operations Research*, 27 (13), 1271–1302.

37. Zhang Z., Zohren S., Roberts S. (2020) Deep Learning for Portfolio Optimization. *The Journal of Financial Data Science*, 2 (4), 8–20. DOI: https://doi.org/10.3905/jfds.2020.1.042

38. Uysal A.S., Li X., Mulvey J.M. (2021) End-to-End Risk Budgeting Portfolio Optimization with Neural Networks. *arXiv:2107.04636*. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.04636

39. Grover A., Wang E., Zweig A., Ermon S. (2018) Stochastic Optimization of Sorting Networks via Continuous Relaxations. *arXiv:1903.08850*. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1903.08850

40. Gurgul V., Lessmann S., Wolfgang K.K.H. (2023) Deep Learning and NLP in Cryptocurrency Forecasting: Integrating Financial, Blockchain, and Social Media Data. *arXiv:2311.14759*. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.14759

41. Li J. (2024) A Deep Reinforcement Learning Framework For Financial Portfolio Management. *arXiv:2409.08426*. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.08426

42. Ballings M., Van den Poel D., Hespeels N., Gryp R. (2015) Evaluating multiple classifiers for stock price direction prediction. *Expert Systems with Applications*, 42 (20), 7046–7056. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.05.013

43. Ozbayoglu A.M., Gudelek M.U., Berat Sezer O. (2020) Deep learning for financial applications: A survey. *Applied Soft Computing*, 93, art. no. 106384. DOI: https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106384

44. Ansari A.F., Stella L., Turkmen C., Zhang X. et al. (2024) Chronos: Learning the Language of Time Series. *Transactions on Machine Learning Research*, 10. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.07815

45. Raffel C., Shazeer N., Roberts A., Lee K., Narang Sh. et al. (2020) Exploring the Limits of Transfer Learning with a Unified Text-to-Text Transformer. *Journal of Machine Learning Research*, 21, 1–67. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.10683

46. Hochreiter S., Schmidhuber J. (1997) Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, 9 (8), 1735–1780. DOI: https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735

REFERENCES

1. Markowitz H. (1952) Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x

2. Sharpe, W.F. (1964) Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *Journal of Finance*, 19 (3), 425–442. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x

3. Redkin N.M. (2019) Investment Portfolio Optimization on Russian Stock Market in Context of behavioral theory. *Finance: Theory and Practice*, 23 (4), 99–116. https://doi.org/10.26794/2587-5671-2019-23-4-99-116

4. Mikhaylov A.Yu. (2017) A theory of cryptoasset valuation. *Financial Analytics: Science and Experience*, 10 (6), 691–700. DOI: https://doi.org/10.24891/fa.10.6.691

5. Briere M., Oosterlinck K., Szafarz A. (2015) Virtual Currency, Tangible Return: Portfolio Diversification with Bitcoins. *Journal of Asset Management*, 16 (6), 365–373. DOI: https://doi.org/10.1057/jam.2015.5

6. Popper N. (2015) Digital Gold: *The Untold Story of Bitcoin*, London: Penguin.

7. Mikhaylov A.Yu. (2018) Cryptoassets pricing and equity indices correlation. *Financial Analytics: Science and Experience*, 24 (3), 641–651. DOI: https://doi.org/10.24891/fc.24.3.641

8. Kukacka J., Kristoufek L. (2020) Fundamental and speculative components of the cryptocurrency pricing dynamics. *Financial Innovation*, 6, art. no. 61. DOI: https://doi.org/10.1186/s40854-023-00465-7

9. Hakim das Neves, R. (2020) Bitcoin pricing: impact of attractiveness variables. *Financial Innovation*, 6, art. no. 21. DOI: https://doi.org/10.1186/s40854-020-00176-3

10. Srokosz W., Kopyscianski T. (2015) Legal And Economic Analysis Of The Cryptocurrencies Impact On The Financial System Stability. *Journal of Teaching and Education*, 4, 619–627. [online] Available at: https://universitypublications.net/jte/0402/pdf/F5N180.pdf [Accessed 15.04.2025]

11. Sanshao P., Prentice C., Shams S., Sarker T. (2024) A systematic literature review on the determinants of cryptocurrency pricing. *China Accounting and Finance Review*, 26 (1), 1–30. DOI: https://doi.org/10.1108/CAFR-05-2023-0053

12. Madichie Ch., Ngwu F., Eze E., Maduka O. (2023) Modelling the dynamics of cryptocurrency prices for risk hedging: The case of Bitcoin, Ethereum, and Litecoin. *Cogent Economics and Finance*, 11 (1). DOI: https://doi.org/10.1080/23322039.2023.2196852

13. Sukomardojo T., Pamikatsih M., Arpianto Yu., Nuraini A., Fatmawati E. (2023) Cryptocurrency and Macro-Economic Stability: Impacts and Regulations. *International Journal of Science and Society*, 5 (4), 734–745. DOI: https://doi.org/10.54783/ijsoc.v5i4.842

14. Sovbetov Yh. (2018) Factors Influencing Cryptocurrency Prices: Evidence from Bitcoin, Ethereum, Dash, Litcoin, and Monero. *Journal of Economics and Financial Analysis*, 2 (2), 1–27. [online] Available at: https://ssrn.com/abstract=3125347 [Accessed 15.04.2025]

15. Ghysels E., Nguyen G. (2019) Price Discovery of a Speculative Asset: Evidence from a Bitcoin Exchange. *Journal of Risk and Financial Management*, 12 (4), art. no. 164. DOI: https://doi.org/10.3390/jrfm12040164

16. Chen C., Hardle W.K., Hou A., Wang W. (2018) Pricing Cryptocurrency Options: The Case of Bitcoin and CRIX. *SSRN Electronic Journal*. DOI: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3159130

17. Conlon Th., Mcgee R. (2020) Betting on Bitcoin: Does gambling volume on the blockchain explain Bitcoin price changes? *Economics Letters*, 191, art. no. 108727. DOI: http://doi.org/10.1016/j.econlet.2019.108727

18. Shen D., Urquhart A., Wang P. (2019) Does twitter predict Bitcoin? *Economics Letters*, 174, 118–122. DOI: https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.11.007

19. Zhang W., Shen D., Zhang Yo., Xiong X. (2013) Open source information, investor attention, and asset pricing. *Economic Modelling*, 33, 613–619. DOI: https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.03.018

20. Zhang Yo., Song W., Shen D., Zhang W. (2016) Market reaction to internet news: Information diffusion and price pressure. *Economic Modelling*, 56, 43–49. DOI: https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.03.020

21. Datta B., Hodor I. (2021) Cryptocurrency, Mining Pools' Concentration, and Asset Prices. *SSRN Electronic Journal*. DOI: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3887256

22. Afjal M., Sajeev K. (2022) Interconnection between cryptocurrencies and energy markets: an analysis of volatility spillover. *OPEC Energy Review*, 46 (3), 287–309. DOI: http://doi.org/10.1111/opec.12227

23. Nikitina Ye.A., Myasnikova Ye.B. (2017) Approaches to Optimization of a Portfolio of Securities on the Criterion of Risk. *Proceedings of the TSU*, 4–1, 24–36.

24. Bader B. (2016) Automated, Efficient, and Practical Extreme Value Analysis with Environmental Applications. *arXiv:1611.08261*. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1611.08261

25. Balynin I.V. (2016) Optimization of Investment Portfolio as Part of Practical Implementation of a Risk-Based Approach: a Variety of Methods and Principles. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 10 (457), 79–92.

26. Ponomareva L.M., Shorokhov S.G. (2023) Postroyeniye optimalnogo investitsionnogo portfelya s prognozom dokhodnostey aktivov metodami mashinnogo obucheniya [Building an optimal investment portfolio with asset return forecasting using machine learning methods]. *Young Scientist*, 21 (468), 131–135.

27. Dobrina M.V., Chernov V.P. (2024) Optimization and Forecasting of a Securities Portfolio Based on Machine Learning Methods. *Economic Problems and Legal Practice*, 20 (4), 258–267. DOI: 10.33693/2541-8025-2024-20-4-258-267

28. Konovalova M.Ye., Abuzov A.Yu. (2024) Mathematical Model of Investment Portfolio Optimization Taken into Risk and Financial Constraints in Enterprise Management. *Fundamental research*, 1, 20–24. DOI: https://doi.org/10.17513/fr.43551

29. Zhang Z., Zohren S., Roberts S. (2020) Deep Learning for Portfolio Optimisation. *The Journal of Financial Data Science*, 2 (4), 8–20. DOI: https://dx.doi.org/10.3905/jfds.2020.1.042

30. Poletaev A.Y., Spiridonova E.M. (2020) Hierarchical Clustering as a Dimension Reduction Technique for Markowitz Portfolio Optimization. *Modeling and Analysis of Information Systems*, 27 (1), 62–71. DOI: https://doi.org/10.18255/1818-1015-2020-1-62-71

31. Corsaro S., De Simone V. (2018) Adaptive l1-regularization for short-selling control in portfolio selection. *Computational Optimization and Applications*, 72 (2), 457–478. DOI: https://doi.org/10.1007/s10589-018-0049-4

32. Wilson G.T. (2016) Time Series Analysis: Forecasting and Control, 5th Edition, by George E. P. Box, Gwilym M. Jenkins, Gregory C. Reinsel and Greta M. Ljung, 2015. Published by John Wiley and Sons Inc., Hoboken, New Jersey, pp. 712. ISBN: 978-1-118-67502-1. *Journal of Time Series Analysis*, 37 (5), 709–711. DOI: https://doi.org/10.1111/jtsa.12194

33. Fischer Th., Krauss Ch. (2018) Deep learning with long short-term memory networks for financial market predictions. *European Journal of Operational Research*, 270 (2), 654–669. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.11.054

34. Zhang Ch., Zhang Z., Cucuringu M., Zohren S. (2021) A Universal End-to-End Approach to Portfolio Optimization via Deep Learning. *arXiv:2111.09170*. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.09170

35. Butler A., Kwon R. (2021) Integrating Prediction in Mean-Variance Portfolio Optimization. *SSRN Electronic Journal*. DOI: https://doi.org/10.2139/ssrn.3788875

36. Chang T.-J., Meade N., Beasley J.E., Sharaiha Y.M. (2000) Heuristics for cardinality constrained portfolio optimisation. *Computers & Operations Research*, 27 (13), 1271–1302.

37. Zhang Z., Zohren S., Roberts S. (2020) Deep Learning for Portfolio Optimization. *The Journal of Financial Data Science*, 2 (4), 8–20. DOI: https://doi.org/10.3905/jfds.2020.1.042

38. Uysal A.S., Li X., Mulvey J.M. (2021) End-to-End Risk Budgeting Portfolio Optimization with Neural Networks. *arXiv:2107.04636*. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.04636

39. Grover A., Wang E., Zweig A., Ermon S. (2018) Stochastic Optimization of Sorting Networks via Continuous Relaxations. *arXiv:1903.08850*. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1903.08850

40. Gurgul V., Lessmann S., Wolfgang K.K.H. (2023) Deep Learning and NLP in Cryptocurrency Forecasting: Integrating Financial, Blockchain, and Social Media Data. *arXiv:2311.14759*. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.14759

41. Li J. (2024) A Deep Reinforcement Learning Framework For Financial Portfolio Management. *arXiv:2409.08426*. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.08426

42. Ballings M., Van den Poel D., Hespeels N., Gryp R. (2015) Evaluating multiple classifiers for stock price direction prediction. *Expert Systems with Applications*, 42 (20), 7046–7056. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.05.013

43. Ozbayoglu A.M., Gudelek M.U., Berat Sezer O. (2020) Deep learning for financial applications: A survey. *Applied Soft Computing*, 93, art. no. 106384. DOI: https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106384

44. Ansari A.F., Stella L., Turkmen C., Zhang X. et al. (2024) Chronos: Learning the Language of Time Series. *Transactions on Machine Learning Research*, 10. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.07815

45. Raffel C., Shazeer N., Roberts A., Lee K., Narang Sh. et al. (2020) Exploring the Limits of Transfer Learning with a Unified Text-to-Text Transformer. *Journal of Machine Learning Research*, 21, 1–67. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.10683

46. Hochreiter S., Schmidhuber J. (1997) Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, 9 (8), 1735–1780. DOI: https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

ШКАНОВ Булат Арманович
E-mail: bulat.shkanov@mail.ru
Bulat A. SHKANOV
E-mail: bulat.shkanov@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1286-2620

Поступила: 23.02.2025; Одобрена: 13.04.2025; Принята: 14.04.2025.
Submitted: 23.02.2025; Approved: 13.04.2025; Accepted: 14.04.2025.