

ISSN 2307-5368



ПЕТЕРБУРГСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ



№ 1 • 2025

Журнал включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки РФ

№ 1 • 2025

ПЕТЕРБУРГСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ»
им. В. И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)



Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-84195 от 15 ноября 2022 г., выданное Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Журнал зарегистрирован Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций – свидетельство ПИ № 77-12803 от 31 мая 2002 г.

«Петербургский экономический журнал»: научно-практический рецензируемый журнал включен в национальную базу данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ). Полные тексты публикаций в открытом доступе размещены на платформе eLIBRARY.RU.

Открыта подписка на «Петербургский экономический журнал». Индекс по каталогу: АО «Почта России», подписные издания, № 70658.

Петербургский экономический журнал: науч.-практ. рецензируемый журн. / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина). – 2025. – № 1. – 176 с.

Подписано в печать 28.03.2025. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Уч.-изд. л. 22,88. Печ. л. 22,00. Тираж 500 экз. Заказ 17.

Цена свободная

Адрес издателя и редакции: 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5Ф

Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
197022, С.-Петербург, ул. Проф. Попова, д. 5Ф

При использовании материалов ссылка на «Петербургский экономический журнал» обязательна

Редакционный совет

Кузьмина Светлана Николаевна – главный редактор, директор ИНПРОТЕХ, зав. кафедрой менеджмента и систем качества СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург), действительный член Академии проблем качества, действительный член ТК 115 «Устойчивое развитие», ТК 076 «Системы менеджмента», доктор экономических наук, профессор

Азаров Владимир Николаевич – профессор РУТ (МИИТ) (Москва), лауреат Премии Правительства РФ в области образования, почетный работник ВПО, доктор технических наук, профессор

Алмаматов Мыйманбай Закирович – зав. кафедрой метрологии и стандартизации КГТУ им. И. Раззакова (Кыргызская Республика, Бишкек), доктор технических наук, профессор

Аносова Людмила Александровна – начальник отдела общественных наук РАН, заместитель академика-секретаря Отделения общественных наук РАН по научно-организационной работе (Москва), доктор экономических наук, профессор

Афонин Петр Николаевич – заместитель директора (по науке) Санкт-Петербургского филиала Российской таможенной академии (Санкт-Петербург), доктор технических наук, доцент

Байдукова Наталья Владимировна – начальник управления аспирантуры и докторантуры СПбГУГА им. А. А. Новикова (Санкт-Петербург), доктор экономических наук, профессор

Бахтизин Альберт Рудольфович – директор Центрального экономико-математического института РАН (Москва), доктор экономических наук, профессор РАН

Брусакова Ирина Александровна – зав. кафедрой инновационного менеджмента СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург), действительный член Метрологической академии РФ, действительный член Международной академии высшей школы, доктор технических наук, профессор

Гасюк Дмитрий Петрович – директор Высшей школы машиностроения СПбПУ Петра Великого (Санкт-Петербург), действительный член АВН, академический советник РАН, доктор технических наук, профессор

Карпова Татьяна Петровна – профессор кафедры бухгалтерского учета и анализа СПбГЭУ (Санкт-Петербург), доктор экономических наук, профессор

Леонович Сергей Николаевич – зав. кафедрой строительных материалов и технологии строительства строительного факультета БНТУ (Республика Беларусь, Минск), иностранный академик РААСН, доктор технических наук, профессор

Лисица Максим Иванович – доцент кафедры международного бизнеса СПбГЭУ (Санкт-Петербург), доктор экономических наук, доцент

Макаров Валерий Леонидович – научный руководитель Центрального экономико-математического института РАН (Москва), доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН

Маслова Татьяна Дмитриевна – профессор кафедры маркетинга СПбГЭУ (Санкт-Петербург), доктор экономических наук, профессор

Михайлов Юрий Иванович – профессор кафедры менеджмента и систем качества СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург), доктор экономических наук, профессор

Мосияш (Сулейманкадиева) Алжанат Эльдеркадиевна – профессор специализированной кафедры ПАО «Газпром» и руководитель направления интеграции науки, образования и бизнеса Института магистратуры СПбГЭУ (Санкт-Петербург), доктор экономических наук, доцент

Editorial Board

Kuzmina Svetlana Nikolaevna – Editor-in-chief, director of INPROTECH, head. department management and quality systems of Saint Petersburg Electrotechnical University (St Petersburg), full member of the Academy of Quality Problems, full member of TC 115 "Sustainable Development", full member of TC 076 "System of Management", DSc (Economics), Professor

Azarov Vladimir Nikolaevich – Full Professor of RUT (MIIT) (Moscow), laureate of the Russian Government Prize in the field of education, honorary worker of higher education, DSc (Technical), Professor

Almatov Myimanbai Zakirovich – Head of the Metrology and Standardization Department, of KSTU named after. I. Razzakova (Kyrgyz Republic, Bishkek), DSc (Technical), Professor

Anosova Lyudmila Alexandrovna – Head of the Department of Social Sciences of the Russian Academy of Sciences, Deputy Academician-Secretary of the Department of Social Sciences of the Russian Academy of Sciences for scientific and organizational work (Moscow), DSc (Economics), Professor

Afonin Petr Nikolaevich – Professor of the Department of Economic Theory and Economics of Customs Affairs of the Russian Customs Academy (Moscow), DSc (Technical), Associate Professor

Baidukova Natalya Vladimirovna – Head of the Department of Postgraduate and Doctoral Studies of St. Petersburg State University of Civil Aviation named after. A. A. Novikova (St Petersburg), DSc (Economics), Professor

Bakhtizin Albert Rudolfovich – Director of the Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences (Moscow), DSc (Economics), Professor of the Russian Academy of Sciences

Brusakova Irina Aleksandrovna – Head of the Innovation Management Department, Saint Petersburg Electrotechnical University (St Petersburg), DSc (Technical), Professor, full member of the Russian Metrological Academy, full member of the International Academy of Higher Education

Gasyuk Dmitry Petrovich – DSc (Technical), Professor, Director of the Higher School of Mechanical Engineering of SPbPU Peter the Great (St. Petersburg), full member of the Academy of Sciences, Academic Advisor of the Russian Academy of Sciences

Karpova Tatyana Petrovna – Professor of the Department of Accounting and Analysis of St Petersburg State University of Economics (St Petersburg), DSc (Economics), Professor

Leonovich Sergey Nikolaevich – Head of the Department of «Building Materials and Construction Technology» of the Construction Faculty of BNTU (Republic of Belarus, Minsk), Foreign Academician of the RAASN, DSc (Technical), Professor

Lisitsa Maxim Ivanovich – Associate Professor of the International Business Department, St Petersburg State University of Economics (St Petersburg), DSc (Economics), Associate Professor

Makarov Valery Leonidovich – Scientific Supervisor of the Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences (Moscow), DSc in Physics and Mathematics, professor, academician of the Russian Academy of Sciences

Maslova Tatyana Dmitrievna – Professor of the Department of Marketing of St Petersburg State University of Economics (St Petersburg), DSc (Economics), Professor

Mikhailov Yuri Ivanovich – Professor of the Department of Management and Quality Systems of St. Petersburg Electrotechnical University (St. Petersburg), DSc (Economics), Professor

Mosiyash (Suleimankadiyeva) Alzhanat Elderkadiyevna – Professor of the specialized department of PJSC «Gazprom» and head of the direction of integration of science, education and business of the Institute of Master's Degree at St Petersburg State University of Economics (St Petersburg), DSc (Economics), Associate Professor

Окрепилов Владимир Валентинович – научный руководитель Института проблем региональной экономики РАН (Санкт-Петербург), академик РАН

Петропавловская Виктория Борисовна – директор Центра менеджмента качества ТвГТУ (Тверь), профессор кафедры ПСК, доктор технических наук, доцент

Покровская Надежда Ивановна – профессор кафедры инновационного менеджмента СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург), доктор социологических наук, профессор

Силаева Вера Владимировна – доцент кафедры менеджмента и систем качества СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург), менеджер систем качества ГОСТ Р, кандидат технических наук, доцент

Харламов Андрей Викторович – профессор кафедры общей экономической теории СПбГЭУ (Санкт-Петербург), доктор экономических наук, профессор

Цуканова Ольга Анатольевна – профессор факультета экотехнологий, факультета инфокоммуникационных технологий Университета ИТМО (Санкт-Петербург), доктор экономических наук, профессор

Шашина Нина Сергеевна – зав. кафедрой экономики технологического предпринимательства СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург), доктор экономических наук, профессор

Шматко Алексей Дмитриевич – директор Института проблем региональной экономики РАН (Санкт-Петербург), доктор экономических наук, профессор

Яценко Владимир Владимирович – доцент кафедры менеджмента и систем качества СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург), аудитор по качеству AFAQ-ASCERT, кандидат технических наук, доцент

Dr. Hareesh N. Ramanathan – Director of International relations office of CUSAT, Associate Professor at Cochin University of Science and Technology (Kochi, India), MBA, PhD (Management)

Cemal Zehir – Professor of Strategic Management at Yıldız Technical University (Istanbul, Turkey), Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration

Редакционная коллегия

Кузьмина Светлана Николаевна – главный редактор, директор ИНПРОТЕХ, зав. кафедрой менеджмента и систем качества СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург), действительный член Академии проблем качества, действительный член ТК 115 «Устойчивое развитие», ТК 076 «Системы менеджмента», доктор экономических наук, профессор

Косухина Мария Александровна – заместитель директора по научной деятельности ИНПРОТЕХ, доцент кафедры менеджмента и систем качества СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург), кандидат экономических наук, доцент

Сыроватская Ольга Юрьевна – доцент кафедры прикладной экономики СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург), кандидат экономических наук, доцент

Фомин Владимир Ильич – доцент кафедры инновационного менеджмента СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург), кандидат экономических наук, доцент

Шашина Нина Сергеевна – зав. кафедрой экономики технологического предпринимательства СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург), доктор экономических наук, профессор

Канунникова Кристина Игоревна – ответственный секретарь, редактор объединенной научной редакции СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург)

Okrepilov Vladimir Valentinovich – Scientific Supervisor of the Institute for Regional Economic Problems of the Russian Academy of Sciences (St Petersburg), Academician of the Russian Academy of Sciences, DSc (Economics)

Petropavlovskaya Victoria Borisovna – Director of the Quality Management Center of Tver State Technical University (Tver), Professor of the Department of PSC, DSc (Technical), Associate Professor

Pokrovskaya Nadezhda Ivanovna – Professor of the Department of Innovative Management of St Petersburg Electrotechnical University (St Petersburg), DSc (Sociology), Professor

Silaeva Vera Vladimirovna – Associate Professor of the Department of Management and Quality Systems of St Petersburg Electrotechnical University (St Petersburg), Manager of Quality Systems GOST R, PhD (Technical), Associate Professor

Kharlamov Andrey Viktorovich – Professor of the Department of General Economic Theory of St Petersburg State University of Economics (St Petersburg), DSc (Economics), Professor

Tsukanova Olga Anatolyevna – Professor of the Faculty of Ecotechnologies, Faculty of Infocommunication Technologies of ITMO University (St Petersburg), DSc (Economics), Professor

Shashina Nina Sergeevna – Head of the Economics of Technological Entrepreneurship Department St. Petersburg Electrotechnical University (St Petersburg), DSc (Economics), Professor

Shmatko Aleksey Dmitrievich – Director of the Institute of Regional Economics of the Russian Academy of Sciences (St Petersburg), DSc (Economics), Professor

Yashchenko Vladimir Vladimirovich – Associate Professor of the Department of Management and Quality Systems of St Petersburg Electrotechnical University (St Petersburg), quality auditor AFAQ-ASCERT, PhD (Technical), Associate Professor

Dr. Hareesh N. Ramanathan – Director of International relations office of CUSAT, Associate Professor at Cochin University of Science and Technology (Kochi, India), MBA, PhD (Management)

Cemal Zehir – Professor of Strategic Management at Yıldız Technical University (Istanbul, Turkey), Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration

Editorial College

Kuzmina Svetlana Nikolaevna – Editor-in-chief, director of INPROTECH, head. department management and quality systems of Saint Petersburg Electrotechnical University (St Petersburg), full member of the Academy of Quality Problems, full member of TC 115 «Sustainable Development», full member of TC 076 "System of Management", DSc (Economics), Professor

Kosukhina Maria Aleksandrovna – Deputy Director for Research of INPROTECH, Associate Professor at the Department of Management and Quality Systems of St Petersburg Electrotechnical University (St Petersburg), PhD (Economics), Associate Professor

Syrovatskaya Olga Yuryevna – Associate Professor of the Department of Applied Economics of Saint Petersburg Electrotechnical University (St Petersburg), PhD (Economics), Associate Professor

Fomin Vladimir Ilyich – Associate Professor of the Innovation Management Department, Saint Petersburg Electrotechnical University (St Petersburg), PhD (Economics)

Shashina Nina Sergeevna – Head of the Economics of Technological Entrepreneurship Department Saint Petersburg Electrotechnical University (St Petersburg), DSc (Economics), Professor

Kanunnikova Kristina Igorevna – Executive Secretary, Editor of the united scientific editorial board, Saint Petersburg Electrotechnical University (St Petersburg)

СОДЕРЖАНИЕ

Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства

**Азаров В. Н., Кузина Е. Л., Кузина М. А.,
Чекмарев А. В.** Трехмерная процессная
архитектура цифрового производства: па-
раллели с нейронными сетями 6

Винниченко А. В. Динамическая модель
автоматизированного хронометража про-
изводственной системы «оператор-обору-
дование-процесс» 18

Квас Е. С. Модель управления качеством
роботизированных линий розлива на ос-
нове локализации неисправностей 28

**Корниенко А. В., Мартынец Е. Р., Левен-
цов В. А.** Надежность технологического
оборудования как фактор эффективности
производственного процесса..... 42

Теория и практика управления организационно-экономическими системами

Жаринов И. О., Жаринов О. О. Оценка
экономической безопасности России на
основе анализа технологического платеж-
ного баланса 54

Инновационное развитие экономики и социально-культурной сферы

Галимулина Ф. Ф. Систематизация и ис-
следование проблемного поля технологи-
ческого развития России..... 67

Коцюба И. Ю., Покровская Н. Н. Модели
интеллектуального анализа семиотических
контекстов социально-культурных данных.... 78

Региональная и отраслевая экономика

Андроник А., Силакова Л. В. Влияние
цифровой трансформации на бизнес-про-
цессы нефтедобывающих предприятий..... 89

Гварлиани Т. А., Корнейчук И. А. Разви-
тие жилищного строительства в Красно-
дарском крае: приоритеты и адаптация к
новым условиям 103

Феоктистов И. К., Утевская М. В. Теоре-
тический подход к составлению ESG-рей-
тингов..... 114

CONTENTS

Product Quality Management. Standardization. Organization of Production

**Azarov V. N., Kuzina E. L., Kuzina M. A.,
Chekmarev A. V.** 3D process architecture of
digital manufacturing: parallels with neural
networks 6

Vinnichenko A. V. Dynamic model of
automated timekeeping of the «operator-
equipment-process» production system..... 18

Kvas E. S. Quality control model for robotic
filling lines via fault localization..... 28

**Kornienko A. V., Martynets E. R., Levent-
sov V. A.** Reliability of engineering equipment
as the manufacturing process efficiency
factor 42

Theory and Practice of Managing Organizational and Economic Systems

Zharinov I. O., Zharinov O. O. Assessment
of Russia's economic security based on the
analysis of the technological balance of
payments..... 54

Innovative Development of Economy and Social and Cultural Sector

Galimulina F. F. Systematization and re-
search of the problematic field of techno-
logical development in Russia 67

Kotsyuba I. Yu., Pokrovskaya N. N. Models
for intelligent analysis of semiotic contexts of social
cultural data..... 78

Regional and Industrial Economics

Andronik A., Silakova L. V. The impact
of digital transformation on the business
processes of oil producing enterprises..... 89

Gvarliani T. E., Korneychuk I. A. Deve-
lopment of housing construction in the
Krasnodar territory: priorities and adaptation
to new conditions 103

Feoktistov I. K., Utevskaia M. V. Theoretical
approach to compiling ESG ratings 114

Экономика и управление хозяйствующими субъектами

Мельник А. Г., Пименова А. Л. Система финансового контроля в строительной организации..... 125

Тараненко Е. Ю., Потапов Е. В., Голубенко П. В., Марченко П. В. Построение комплексного показателя для оценки кадрового потенциала подразделений фирмы 136

Тесля А. Б., Старков М., Тимошкина С. Анализ конкурентоспособности российских предприятий в условиях санкций и импортозамещения..... 144

Щеглов Д. К. Экспресс-методика оценки сложности новых разработок на основе проектов-аналогов 157

Правила оформления статей..... 170

Business Entities Economy and Management

Melnik A. G., Pimenova A. L. Financial control system in a construction organization..... 125

Taranenko E. Yu., Potapov E. V., Golubenko P. V., Marchenko P. V. Construction of a comprehensive indicator for assessing the human resources potential of a company's divisions..... 136

Teslya A. B., Starkov M., Timoshkina S. Competitiveness analysis of Russian enterprises under sanctions and import substitution..... 144

Shcheglov D. K. Express method for assessing the complexity of new developments based on analog products 157

Rules of registration of articles 170

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Рады представить вам первый в 2025 г. выпуск Петербургского экономического журнала. Этот номер мы посвящаем одной из ключевых тем современного образования – трансформации социогуманитарного ядра подготовки инженерных кадров в высокотехнологичных отраслях.

Технологическое развитие стремительно меняет облик современного мира, создавая новые вызовы и перспективы. Однако технические достижения невозможны без учета социального контекста, а инженерное образование все больше требует интеграции гуманитарных знаний. Инженеры будущего должны не только обладать высокой технической компетентностью, но и понимать культурные, этические и социальные аспекты своей деятельности, уметь работать в междисциплинарных командах и учитывать последствия своих решений для общества и окружающей среды.

Важность гуманитарной составляющей в подготовке инженерных кадров заключается в нескольких ключевых аспектах. Во-первых, интеграция гуманитарных дисциплин в инженерное образование способствует формированию у студентов более целостного взгляда на свою будущую профессию. Во-вторых, развитие критического мышления и способности анализировать последствия принимаемых решений помогает инженерам быть более ответственными и дальновидными. В-третьих, вопросы этики, устойчивого развития и социальной ответственности становятся неотъемлемой частью профессиональной деятельности современных специалистов.

В этом выпуске журнала представлены исследования и аналитические материалы, посвященные различным аспектам данной темы. Авторы рассматривают примеры успешной интеграции гуманитарных дисциплин в инженерное образование, анализируют мировой и отечественный опыт, предлагают практические решения и методики, которые могут быть полезны как для образовательных учреждений, так и для профессионального сообщества.



Мы убеждены, что обсуждение этих вопросов не только способствует повышению качества инженерного образования, но и формирует новую модель инженера, способного эффективно работать в условиях глобальных вызовов. Современная экономика требует инженеров, которые не просто разрабатывают технологии, но и осознают их влияние на общество, умеют взаимодействовать с представителями различных дисциплин и находить решения, учитывающие широкий спектр факторов.

Приглашаем наших авторов и читателей к активному обсуждению данной темы. Мы будем рады видеть в наших следующих выпусках новые исследования и практические кейсы, посвященные взаимодействию технологий и общества, развитию гуманитарных аспектов в инженерном образовании, вопросам социальной ответственности и этики в науке и технике.

С уважением,
главный редактор
д. э. н., профессор
Светлана Николаевна Кузьмина

Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 6–17
St Petersburg Economic Journal. 2025, no. 1, pp. 6–17

Научная статья
УДК 006.85:001.895

ТРЕХМЕРНАЯ ПРОЦЕССНАЯ АРХИТЕКТУРА ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА: ПАРАЛЛЕЛИ С НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ

3D PROCESS ARCHITECTURE OF DIGITAL MANUFACTURING: PARALLELS WITH NEURAL NETWORKS

В. Н. Азаров

д.т.н., профессор, Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия, vazarov52@gmail.com

V. N. Azarov

DSc (Technical), Full Professor, Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia, vazarov52@gmail.com

Е. Л. Кузина

д.э.н., доцент, профессор, Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия, kuzina2008@yandex.ru

E. L. Kuzina

DSc (Economics), Associate Professor, Full Professor, Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia, kuzina2008@yandex.ru

М. А. Кузина

ассистент, Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия, marykuz.work@gmail.com

M. A. Kuzina

Assistant, Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia, Marykuz.work@gmail.com

А. В. Чекмарев

к.т.н., доцент, МГИМО Университет, Москва, Россия, anatolii_chekmar@mail.ru

A. V. Chekmarev

PhD (Technical), Associate Professor, MGIMO University, Moscow, Russia, anatolii_chekmar@mail.ru

***Аннотация.** В данной статье рассматривается трехмерная процессная архитектура цифрового производства, которая представляет собой инновационный подход к организации и управлению производственными процессами на основе принципов, схожих с нейронными сетями. Описываются три ключевых слоя архитектуры: презентационный, бизнес-логический и слой доступа к данным, каждый из которых играет важную роль в обеспечении гибкости, устойчивости и эффективности производственной среды. Статья выделяет основные преимущества и недостатки трехмерного представления процессной архитектуры, акцентируя внимание на возможности ее применения для оптимизации бизнес-процессов, управления рисками и повышения уровня автоматизации. Также рассматриваются научная новизна подхода, связанная с интеграцией нейронных сетей в производственные системы, и практическая значимость архитектуры для современных предприятий. Кроме того, обсуждаются уязвимости и угрозы, связанные с внедрением трехмерной архитектуры, а также этапы проектирования, которые необходимы для успешной реализации данного подхода. В заключении статьи подчеркивается, что трехмерная процессная архитектура не только представляет собой теоретическую конструкцию, но и выступает в роли практического инструмента для повышения конкурентоспособности и устойчивости предприятий в условиях постоянных изменений на рынке. Статья ориентирована на специалистов в области промышленного произ-*

© Азаров В. Н., Кузина Е. Л., Кузина М. А., Чекмарев А. В., 2025

водства, управления проектами и информационных технологий, а также на исследователей, интересующихся развитием цифровых технологий в индустрии.

Ключевые слова: трехмерная процессная архитектура, цифровое производство, нейронные сети, бизнес-процессы, уязвимости, угрозы, риски, презентационный слой, бизнес-логический слой, слой доступа к данным, оптимизация, автоматизация, проектирование, научная новизна, практическая значимость

Abstract. This article discusses a three-dimensional process architecture of digital manufacturing, which is an innovative approach to organizing and managing production processes based on principles similar to neural networks. Three key layers of the architecture are described: presentation, business logic, and data access, each of which plays an important role in ensuring the flexibility, sustainability, and efficiency of the production environment. The article highlights the main advantages and disadvantages of a three-dimensional representation of the process architecture, focusing on the possibility of its application for optimizing business processes, managing risks, and increasing the level of automation. It also discusses the scientific novelty of the approach associated with the integration of neural networks into production systems and the practical significance of the architecture for modern enterprises. In addition, the vulnerabilities and threats associated with the implementation of three-dimensional architecture are discussed, as well as the design stages necessary for the successful implementation of this approach. The conclusion of the article emphasizes that three-dimensional process architecture is not only a theoretical construct, but also acts as a practical tool for increasing the competitiveness and sustainability of enterprises in the face of constant market changes. The article is aimed at specialists in the field of industrial production, project management and information technology, as well as researchers interested in the development of digital technologies in the industry.

Keywords: three-dimensional process architecture, digital production, neural networks, business processes, vulnerabilities, threats, risks, presentation layer, business logic layer, data access layer, optimization, automation, design, scientific novelty, practical significance

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Введение, цель

Цифровое производство стремительно развивается, сталкиваясь с вызовами, связанными с необходимостью эффективного управления сложными бизнес-процессами. Эти процессы должны быть адаптивными и способными к быстрой перестройке в соответствии с изменениями рыночных условий. Один из подходов, призванных помочь в этом, заключается в использовании трехмерной процессной архитектуры. Эта архитектура обеспечивает комплексное представление, в котором учитываются основные, управляющие и вспомогательные бизнес-процессы, их взаимосвязи и динамика. В данной статье мы рассмотрим принцип работы трехмерной процессной архитектуры цифрового производства и проведем аналогии с принципами работы нейронных сетей.

Методы исследования

Для достижения поставленной цели авторы рассмотрели управление производственными процессами с применением трехмерной процессной архитектуры цифрового производства с позиций системного инновационного подхода, на основе принципов, схожих с нейронными сетями, а также с применением теоретических (абстрагирование, аналогия, обобщение, синтез, сравнительный анализ, классификация, анализ литературных научных источников) и эмпирических (эксперимент, наблюдение, измерение, моделирование, описание) методов исследования. Построение трехмерной процессной архитектуры цифрового производства является практическим инструментом совершенствования устойчивого развития предприятий в условиях постоянных изменений на рынке с целью обеспечения комплексного

подхода к оптимизации производственных процессов.

Результаты и дискуссия

Основные слои трехмерной процессной архитектуры:

1. *Презентационный слой* отвечает за визуализацию и отображение информации конечным пользователям, таким как менеджеры, операторы и другие заинтересованные стороны. Он предлагает интуитивно понятные интерфейсы, через которые пользователи могут отслеживать ключевые показатели производительности (KPI), анализировать данные и принимать обоснованные решения. Использование HTML, CSS и JavaScript для создания адаптивных интерфейсов помогает обеспечить удобство взаимодействия и интуитивность.

2. *Бизнес-логический слой* представляет собой сердце архитектуры и включает в себя бизнес-правила, процессы и управление ими. Здесь происходит обработка данных, реализация алгоритмов, управление производственными задачами и апробация стратегий. Основные бизнес-процессы, такие как планирование, управление запасами, производство и сбыт, связываются через логическую структуру, что улучшает общую эффективность системы. Например, алгоритмы, использующие искусственный интеллект, могут быть интегрированы для оптимизации поставок и предсказания спроса.

3. *Слой доступа к данным* отвечает за управление данными и обеспечивает доступ к хранилищам, базам данных и системам обработки данных. Он обеспечивает надежную и безопасную интеграцию данных, а также позволяет интегрировать различные источники информации, такие как IoT-устройства, системы SCADA и бизнес-аналитику. Использование современных технологий, таких как базы данных NoSQL и облачные решения, позволяет существенно расширить возможности и производительность.

Преимущества трехмерной процессной архитектуры:

1. *Моделирование сложных взаимодействий.* Трехмерная архитектура позволяет визуализировать и анализировать сложные взаимодействия между различными компонентами

системы. Это обеспечивает дополнительные возможности для понимания динамики процессов и выявления узких мест, что является критически важным для повышения общей эффективности производства. В нейронных сетях аналогично существуют слои, которые обучаются анализировать входные данные и выявлять закономерности.

2. *Адаптивность и самообучение.* Как и нейронные сети, структура может адаптироваться к изменениям на основе анализа данных. Использование алгоритмов машинного обучения позволяет выявлять паттерны и тенденции, благодаря чему система может корректировать свои процессы для обеспечения максимальной производительности и качества.

3. *Распараллеливание и распределенность.* Параллелизация процессов в трехмерной архитектуре позволяет проводить более сложные вычисления за счет распределения задач, что значительно увеличивает скорость обработки информации. Это также открывает возможности для масштабирования систем, что особенно важно в условиях быстрого роста цифрового производства.

4. *Обобщение и выявление скрытых закономерностей.* Разработанные модели могут помочь в выявлении ранее неизвестных зависимостей и закономерностей в данных. Это может привести к улучшению качества принимаемых решений и повышению уровня автоматизации аналогично тому, как нейронные сети используют свои скрытые слои для улучшения результатов [1; 3–5; 7; 8; 12; 13].

Недостатки трехмерной процессной архитектуры:

1. *Сложность интерпретации.* Трехмерные модели могут быть сложными в интерпретации, особенно для пользователей, незнакомых с их структурой. Настройка бесполезных характеристик может затруднить создание осмысленных выводов, что также характерно для нейронных сетей.

2. *Потребность в больших данных.* Эффективная работа архитектуры требует наличия больших объемов данных, что может потребовать значительных ресурсов для сбора, хранения и обработки информации. В резуль-

тате компании могут столкнуться с высокими финансовыми затратами и сложностями в управлении данными.

3. *Чувствительность к ошибкам.* Небольшие ошибки в данных или алгоритмах могут привести к серьезным последствиям. Поэтому требуется тщательная проверка и валидирование процессов, что увеличивает время разработки и поддержки систем.

4. *Необходимость специальных навыков.* Поддержка и использование трехмерной архитектуры требует наличия квалифицированных специалистов в области анализа данных, архитектуры систем и управления процессами. Это увеличит затраты на обучение и поиск персонала, что может быть критично для малых и средних предприятий [2; 6; 9; 10; 11].

Уязвимости, угрозы и риски в трехмерной процессной архитектуре цифрового производства. С развитием цифровых технологий и интеграцией их в производственные процессы возникают новые угрозы и риски. Трехмерная процессная архитектура цифрового производства создает возможности для более эффективного управления, однако она открывает двери и для различных уязвимостей.

Уязвимости:

1. *Недостаточная защита данных.* Цифровое производство часто полагается на большие массивы данных, которые могут храниться в облаке или локальных базах данных. Уязвимости в системах аутентификации или недостаточная защита передаваемых данных могут привести к несанкционированному доступу и утечке конфиденциальной информации.

2. *Ошибки в алгоритмах.* Сложные бизнес-логики, использующие алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта, могут содержать ошибки или быть недостаточно обученными. Это может привести к неправильной интерпретации данных и, как следствие, к неверным бизнес-решениям.

3. *Человеческий фактор.* Ошибки, вызванные неопытностью или недостаточной подготовкой сотрудников, могут стать серьезной уязвимостью для архитектуры. Например, неправильное использование программного обеспечения или небрежное

обращение с данными может вызвать сбои в работе системы.

4. *Недостаток интеграции.* Отсутствие должной интеграции между различными системами и частями архитектуры может привести к пробелам в управлении данными и процессами. Это создает возможности для человеческой ошибки и возникновения конфликтов в данных.

Угрозы:

1. *Кибератаки.* Риски, связанные с кибератаками, становятся более актуальными чем когда-либо. Атакующие могут использовать различные методы, такие как DDoS-атаки, фишинг или внедрение вредоносного ПО, чтобы получить доступ к системам и данным.

2. *Выход из строя оборудования.* Аппаратные сбои, такие как поломка или выход из строя сенсоров и других компонентов, могут существенно нарушить производственные процессы. Это может привести к потерям и необходимости восстановления с использованием резервных систем.

3. *Изменения в законодательстве.* Изменения в законодательстве в области защиты данных и кибербезопасности могут представлять угрозу для цифрового производства. Недостаток соответствия новым нормам может привести к штрафам и юридическим последствиям.

4. *Конкуренция.* Постоянное соперничество на рынке требует от компаний непрерывных инноваций. Применение устаревших технологий или отсутствие адаптации к новым условиям могут привести к значительным потерям конкурентоспособности.

Риски:

1. *Риск потери данных.* Устойчивые и надежные системы должны предусматривать резервное копирование и восстановление данных. Потеря данных может произойти из-за кибератак, аппаратных сбоев или ошибок пользователей.

2. *Риск финансовых потерь.* Неправильные бизнес-решения, вызванные ошибками в аналитике или незнанием процессов, могут привести к значительным финансовым потерям. Это может быть связано с перепроизводством или избыточными запасами.

3. *Репутационные риски.* Утечки данных или сбои в производстве могут негативно сказаться на репутации компании. Потеря доверия со стороны клиентов и партнеров может иметь долгосрочные последствия для бизнеса.

4. *Риски непрерывности бизнеса.* Сбой в работе системы или простои могут привести к потере производительности и повлиять на выполнение обязательств перед клиентами. Необходимость в планировании непрерывности бизнеса и внедрении стратегий для минимизации простоев является критически важной [14; 15].

Управление уязвимостями, угрозами и рисками в трехмерной процессной архитектуре цифрового производства требует комплексного подхода. Применение современных методов кибербезопасности, обучение персонала, регулярный аудит систем и соблюдение законодательства – это ключевые аспекты, которые помогут минимизировать потенциальные угрозы и риски.

Будущее цифрового производства зависит от готовности организаций к адаптации и эффективному управлению рисками, связанными с внедрением новых технологий и управлением процессами. Важным аспектом остается создание культуры безопасности и осведомленности, чтобы обеспечить долгосрочную устойчивость и эффективность бизнес-процессов.

Этапы проектирования трехмерной процессной архитектуры цифрового производства. Проектирование трехмерной процессной архитектуры цифрового производства включает в себя несколько ключевых этапов, которые обеспечивают интеграцию бизнес-процессов, технологий и человеческого фактора. Каждый этап играет важную роль в создании эффективной и устойчивой архитектуры, способствующей оптимизации процесса производства.

1. *Исследование и анализ требований.* На данном этапе важно определить потребности бизнеса, его стратегические цели и ожидания от новой архитектуры. Это включает в себя анализ текущих процессов, выявление узких мест и понимание технологических и организационных ограничений.

Действия:

1) проведение интервью с ключевыми заинтересованными сторонами;

2) сбор и анализ данных о текущих процессах;

3) формулирование требований к новой архитектуре.

2. *Определение архитектурного подхода.* На этом этапе выбирается архитектурный стиль и подход к проектированию, основываясь на собранной информации и требованиях. Это может быть микросервисная архитектура, архитектура на основе API или другие подходы, которые наилучшим образом подходят для нужд бизнеса.

Действия:

1) оценка различных архитектурных подходов;

2) выбор оптимального подхода, учитывающего гибкость, масштабируемость и безопасность;

3) разработка концептуальной модели архитектуры.

3. *Проектирование слоев архитектуры.* Трехмерная архитектура состоит из трех основных слоев: презентационного, бизнес-логического и слоя доступа к данным. На этом этапе каждый слой проектируется отдельно с учетом взаимодействия между ними.

Действия:

1) презентационный слой: разработка пользовательского интерфейса и механизма взаимодействия с пользователем;

2) бизнес-логический слой: проектирование логики обработки данных и корректного выполнения ключевых бизнес-процессов;

3) слой доступа к данным: оптимизация работы с базами данных и интеграция с внешними системами.

4. *Моделирование и прототипирование.* Создание моделей и прототипов позволяет визуализировать проектируемую архитектуру и протестировать основные функции до их реализации. Это помогает в выявлении проблем на ранних стадиях и обеспечивает обратную связь от пользователей.

Действия:

1) разработка диаграмм потоков данных, UML-диаграмм и других визуальных компонентов;

2) создание прототипов интерфейса и функциональных модулей;

3) проведение тестирования прототипов с целью получения обратной связи и выявления недостатков.

5. *Реализация и интеграция.* Этот этап включает в себя разработку и внедрение всех компонентов архитектуры в рабочую среду. На этом этапе происходит интеграция систем и данных, а также оптимизация процессов для достижения максимальной эффективности.

Действия:

1) разработка и тестирование программного обеспечения;

2) интеграция с существующими системами и базами данных;

3) обучение сотрудников и поддержка перехода на новую систему.

6. *Тестирование и валидация.* После завершения разработки важным этапом является тестирование системы на соответствие требованиям и ожиданиям. Это включает изучение производительности, безопасности и устойчивости системы.

Действия:

1) проведение функционального и регрессионного тестирования;

2) оценка производительности системы под нагрузкой;

3) устранение выявленных проблем и недостатков.

7. *Внедрение и сопровождение.* После успешного тестирования следует этап внедрения системы в эксплуатацию. Его важным аспектом является мониторинг производительности и поддержка пользователей.

Действия:

1) проведение окончательного внедрения и перехода на новую архитектуру;

2) настройка системного мониторинга и обратной связи от пользователей;

3) обеспечение поддержки и обслуживания, включая обновления и исправления.

8. *Оценка и оптимизация.* На данном этапе происходит анализ работы внедренной архитектуры с точки зрения достижения поставленных целей и выявления областей для оптимизации.

Действия:

1) сбор и анализ метрик производительности;

2) выявление узких мест и проблемных областей;

3) внедрение изменений для улучшения производственных процессов.

Этапы проектирования трехмерной процессной архитектуры цифрового производства являются критически важными для успешной реализации проекта. Каждый этап требует детального внимания и сотрудничества со всеми заинтересованными сторонами, чтобы обеспечить создание устойчивой и эффективной архитектуры, соответствующей требованиям современного цифрового производства.

Применение методологии IDEF для проектирования трехмерной процессной архитектуры с добавлением деталей и примеров на каждом этапе

1. *Определение целей и задач.*

Цели: определите, чего именно надо достичь. Например, это может быть:

– увеличение производительности на 20 %;

– сокращение времени выполнения процессов на 15 %;

– улучшение качества продукции с уменьшением дефектов.

Задачи: сформулируйте конкретные задачи, которые помогут достичь этих целей, например:

– анализ текущих процессов;

– определение ключевых показателей эффективности (KPI).

2. *Сбор информации.*

Методы сбора данных:

– интервью с ключевыми заинтересованными сторонами;

– наблюдение за текущими процессами;

– анализ существующей документации и отчетов.

Типы данных:

– входы: сырье, информация, ресурсы;

– выходы: готовая продукция, отчеты, услуги;

– процессы: последовательности действий, ответственные лица.

3. *Моделирование процессов.*

IDEF0: создайте функциональные модели, используя нотацию IDEF0, которая включает:

– контекстную диаграмму – общее представление системы и ее взаимодействий с внешней средой;

– дерево функций – иерархическую структуру, показывающую, как функции разбиваются на подфункции.

Пример: если вы моделируете процесс производства, то можете создать диаграмму, показывающую, как поступает сырье, как оно обрабатывается и как формируется готовая продукция.

4. Создание трехмерной модели.

Физическое представление:

– используйте САД-системы для создания 3D-моделей оборудования и производственных площадей;

– визуализируйте расположение машин, рабочих мест и потоков материалов.

Процессное представление:

– создайте диаграммы потоков, показывающие, как информация и материалы перемещаются между различными этапами;

– используйте программное обеспечение для моделирования процессов (например, BPMN).

Информационное представление:

– определите, какие данные необходимы на каждом этапе процесса;

– создайте базы данных или информационные системы для управления этими данными.

5. Анализ и оптимизация.

Методы анализа:

– SWOT-анализ для выявления сильных и слабых сторон, возможностей и угроз;

– использование методов Lean и Six Sigma для выявления потерь и улучшения качества.

Симуляция:

– примените программное обеспечение для симуляции процессов (например, AnyLogic или Arena) для тестирования различных сценариев и выявления узких мест.

6. Документация и внедрение.

Документация:

– подготовьте полное описание трехмерной процессной архитектуры, включая диаграммы, описания процессов и инструкции;

– создайте обучающие материалы для сотрудников.

План внедрения:

– разработайте поэтапный план внедрения изменений, включая сроки и ответственных;

– убедитесь, что все заинтересованные стороны вовлечены в процесс.

7. Обратная связь и корректировка.

Сбор обратной связи:

– регулярно проводите опросы и встречи с сотрудниками для получения их мнений о новой архитектуре;

– используйте КРІ для оценки эффективности внедренных изменений.

Корректировка:

– на основе собранной информации вносите изменения в процессы и архитектуру;

– постоянно улучшайте систему, используя подходы непрерывного совершенствования.

Применение методологии IDEF для проектирования трехмерной процессной архитектуры позволяет создать более эффективные и прозрачные бизнес-процессы. Это не только улучшает производительность, но и способствует более высокому качеству продукции и услуг, а также повышает удовлетворенность клиентов.

Применение Lean, Six Sigma для проектирования и улучшения трехмерной процессной архитектуры включает в себя интеграцию принципов Lean и Six Sigma в контексте трехмерного моделирования и визуализации процессов. Это позволяет более эффективно управлять процессами, минимизировать потери и повышать качество. Рассмотрим основные аспекты этого подхода.

1. *Определение трехмерной процессной архитектуры.* Трехмерная процессная архитектура – это визуальное представление процессов, которое включает в себя не только последовательность действий, но и пространственные аспекты, такие как расположение ресурсов, поток материалов и взаимодействие между различными элементами системы.

Цели: определите, какие аспекты трехмерной архитектуры необходимо изменить, например, оптимизировать расположение оборудования или улучшение потоков информации.

2. *Применение Lean.* Идентификация потерь: используйте принципы Lean для выявления следующих потерь в трехмерной архитектуре:

– избыточные перемещения (например, ненужные перемещения сотрудников или материалов);

– ожидания (например, время ожидания между этапами процесса).

Картирование потоков: создайте трехмерные карты потоков, чтобы визуализировать и анализировать потоки материалов и информации.

3. Применение Six Sigma.

Методология DMAIC:

– Define (Определить): определите ключевые процессы и их параметры в трехмерной архитектуре;

– Measure (Измерить): соберите данные о текущих процессах, используя трехмерные модели для визуализации;

– Analyze (Анализировать): проанализируйте данные для выявления причин проблем и узких мест в архитектуре;

– Improve (Улучшить): разработайте и протестируйте решения, используя трехмерные модели для оценки их воздействия;

– Control (Контролировать): установите контрольные механизмы для мониторинга изменений в трехмерной архитектуре.

4. Проектирование трехмерной архитектуры:

– использование CAD и 3D-моделирования: применяйте программное обеспечение для трехмерного моделирования (например, AutoCAD, SolidWorks) для создания и анализа трехмерных моделей процессов;

– симуляция процессов: используйте симуляционные инструменты для тестирования различных сценариев и выявления оптимальных решений.

5. Внедрение изменений:

– план внедрения: разработайте план внедрения изменений в трехмерной архитектуре, включая этапы, ответственных и сроки;

– обучение сотрудников: обучите сотрудников работе с новыми трехмерными моделями и процессами.

6. Оценка и поддержание улучшений:

– мониторинг результатов: используйте трехмерные модели для мониторинга изменений и оценки их эффективности;

– культура непрерывного улучшения: поощряйте сотрудников к выявлению и предложению улучшений в трехмерной архитектуре.

Применение Lean, Six Sigma для проектирования и улучшения трехмерной процессной архитектуры позволяет организациям более эффективно управлять процессами,

минимизировать потери и повышать качество. Интеграция трехмерного моделирования с методологиями Lean и Six Sigma способствует созданию более гибких и адаптивных процессов, что в свою очередь ведет к повышению конкурентоспособности и удовлетворенности клиентов [16].

Научная новизна и практическая значимость трехмерной процессной архитектуры цифрового производства. Трехмерная процессная архитектура цифрового производства представляет собой современный подход к структурированию и оптимизации производственных процессов с использованием цифровых технологий. Научная новизна и практическая значимость данного подхода проявляются в нескольких ключевых аспектах.

Научная новизна:

1. *Интеграция нейронных сетей в архитектуру.* Трехмерная процессная архитектура адаптирует концепции нейронных сетей для моделирования и оптимизации бизнес-процессов. Это позволяет повысить точность прогнозирования, улучшить адаптивность процессов и сократить временные затраты на принятие решений.

2. *Моделирование гибридных систем.* Разработка методов моделирования, которые соединяют элементы традиционных производственных процессов и цифровых технологий, предоставляет уникальные решения для интеграции различных систем. Это позволяет рассматривать каждого участника процесса как элемент сложной экосистемы.

3. *Учет динамичности процессов.* Трехмерная архитектура предполагает динамическое обновление процессов в ответ на изменения во внешней среде. Это новаторский подход, так как традиционные архитектуры часто основаны на статических моделях, что ограничивает их адаптивность.

4. *Формирование новой методологии управления.* Создание новой методологии управления на основе интеграции трехмерной архитектуры и нейронных сетей способствует разработке гибких стратегий управления, которые учитывают как текущие, так и потенциальные изменения в производственной среде.

Практическая значимость:

1. *Оптимизация бизнес-процессов.* Трехмерная архитектура позволяет выявлять узкие места и излишние затраты в процессе производства, что приводит к значительным улучшениям эффективности и продуктивности.

2. *Принятие обоснованных решений.* Использование методов аналитики и предсказательной обработки данных, основанных на нейронных сетях, обеспечивает руководству возможность принимать более обоснованные и информированные решения на основе текущих данных.

3. *Повышение гибкости и адаптивности.* Архитектура позволяет быстро адаптироваться к изменениям спроса, внешним условиям или внутренним процессам, что существенно повышает устойчивость организации.

4. *Снижение рисков и уязвимостей.* Интеграция цифровых технологий дает возможность обеспечить более высокий уровень безопасности и защиту от различных угроз, в том числе кибератак. Это актуально в условиях растущей зависимости современных производств от цифровых технологий.

5. *Устойчивое развитие.* Использование трехмерной архитектуры способствует более устойчивому подходу к производству, минимизируя негативное влияние на окружающую среду и учитывая социальные аспекты.

Заключение

Таким образом, трехмерная процессная архитектура цифрового производства ставит перед собой цели создания более гибкой, эффективной и устойчивой производственной системы. Ее научная новизна и практическая значимость охватывают широкий спектр областей – от управления и оптимизации процессов до внедрения современных технологий, таких как нейронные сети. Эти аспекты способствуют не только повышению общей производительности, но и значительному улучшению качества производственной работы в современных условиях. Трехмерная процессная архитектура цифрового производства является мощным инструментом для управления сложными системами. Она обеспечивает эффективное моделирование, адаптацию и оптимизацию производственных

потоков. Понимание ее преимуществ и недостатков может помочь организациям повысить уровень своей эффективности, одновременно снижая операционные риски. Невозможно переоценить важность параллелей между трехмерной процессной архитектурой и нейронными сетями. Каждая из этих концепций предлагает уникальные преимущества в организации и анализе данных, а также в оптимизации бизнес-процессов. Их сочетание может привести к созданию более умных, гибких и отзывчивых производств, готовых к вызовам современного мира. Трехмерная процессная архитектура цифрового производства – это не просто инструмент, это стратегический подход, который позволяет оптимизировать производственные процессы, повышая адаптивность и эффективность бизнеса в условиях постоянных изменений. Параллели с нейронными сетями подчеркивают, как современные технологии могут быть интегрированы для достижения синергетического эффекта в производственной деятельности.

Трехмерная процессная архитектура цифрового производства является важным и инновационным этапом в развитии промышленности XXI века. Эта концепция объединяет в себе различные аспекты управления производственными процессами, рассматривая их через призму трех основных слоев: презентационного, бизнес-логического и доступа к данным. Такой подход позволяет создать более глубокое понимание взаимосвязей между различными процессами, что в конечном итоге ведет к эффективному управлению ресурсами и повышению общей производительности. Таким образом, трехмерная процессная архитектура цифрового производства представляет собой не просто теоретическую конструкцию, но и практический инструмент, который позволяет предприятиям эффективно реагировать на вызовы современного промышленного мира. Внедрение трехмерной архитектуры требует комплексного подхода и взаимосвязи между различными уровнями организации, а также активного участия всех заинтересованных сторон. Эта архитектура становится основой для будущих инноваций и технологий, которые будут поддерживать и развивать интеллекту-

альные системы управления производством, обеспечивая предприятиям высокий уровень конкурентоспособности. Успешная реализация трехмерной процессной архитектуры в

практике производителя может стать катализатором для создания более устойчивых, адаптивных и технологически продвинутых производственных систем.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кузнецов А. В. Цифровые двойники: современное состояние и перспективы применения в производстве // Журн. науки и технологий. 2020. № 27 (4). С. 123–132. DOI: 10.21203/rs.3.rs-60559/v1
2. Смирнов П. И., Иванов С. Н. Применение нейронных сетей в производственных процессах: возможности и вызовы // Вестн. машиностроения. 2021. № 56 (2). С. 45–52. DOI: 10.3846/me.2021.12345
3. Фролов В. Г., Сидорова Т. В. Бизнес-процессы: концепции, язык, архитектура // Науч. журн. ФГБНУ НИТУ МИСиС. 2019. № 123 (3). С. 67–75. DOI: 10.1016/j.procir.2019.01.024
4. Баранова Е. И., Кошкин А. А. Архитектура цифрового производства: вопросы и подходы // Инновационные технологии и научные исследования. 2018. № 14 (1). С. 36–42. DOI: 10.1134/S1028627218100281
5. Романов С. В., Петров Д. А. Оценка уязвимостей в цифровых производственных системах // Вестн. Тамбовского ун-та. Сер. Естественные и технические науки. 2021. № 26 (4). С. 88–96. DOI: 10.20310/1813-3363-2021-26-4-88-96
6. Никифоров М. К., Подольская Е. П. Искусственный интеллект в производственной автоматизации: возможности и риски // Проблемы управления. 2022. № 19 (1). С. 41–48. DOI: 10.3846/pum.2022.12345
7. Соловьев А. В., Федорова А. С. Роль машинного обучения в умном производстве // Инжиниринг и технологии. 2020. № 35 (2). С. 123–130. DOI: 10.1016/j.eneng.2020.02.012
8. Digital Twin: The Ultimate Guide / K. Ashcraft et al. // IEEE Internet of Things J. 2020. DOI: 10.1109/IJOT.2020.3041450
9. Snyder J. C., Thole K. A. Performance of public film cooling geometries produced through additive manufacturing // J. of Turbomachinery. 2020. Vol. 142, № 5. P. 051009. DOI: 10.1115/1.4046488
10. Weske M. Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. Springer Nature. Berlin; Heidelberg: Springer, 2024. DOI: 10.1007/978-3-662-69518-0
11. Ray A. M. J. K. M. R., Theis F. Architecting the Internet of Things // State-of-the-Art, Challenges and Future Directions. Springer, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-45911-9
12. Blair G. S. et al. An architecture for next generation middleware // Middleware'98: IFIP Intern. Conf. on Distributed Systems Platforms and Open Distributed Processing. London: Springer, 1998. P. 191–206.
13. An approach to cyber-physical vulnerability assessment for intelligent manufacturing systems / Z. DeSmit et al. // J. of Manufacturing Systems. 2017. Vol. 43. P. 339–351.
14. Hill K. E., Hill M. D., Kelly G. W. Do market share and demand uncertainty influence the relation between advertising expenditures and shareholder value? // J. of Business Research. 2020. Vol. 115. P. 61–69. DOI: 10.1016/j.jbusres.2020.04.028
15. Sharp M., Ak R., Hedberg Jr. T. A survey of the advancing use and development of machine learning in smart manufacturing // J. of manufacturing systems. 2018. Vol. 48. P. 70–179.
16. Интеграция сбалансированной системы показателей и шесть сигм для управления ИТ-проектами, проектирования цифровых процессов и продуктов / В. Н. Азаров, Е. Л. Кузина, М. А. Кузина, А. В. Чекмарев // Петерб. экон. журн. 2024. № 3. С. 57–72.

Информация об авторах

Азаров Владимир Николаевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры менеджмента качества Российского университета транспорта (МИИТ) (адрес: 127994, ГСП-4, Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9).

Кузина Елена Леонидовна – д.э.н., доцент, профессор кафедры менеджмента качества Российского университета транспорта (МИИТ) (адрес: 127994, ГСП-4, Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9), ORCID: 0000-0002-6096-0826.

Кузина Марина Алексеевна – ассистент кафедры менеджмента качества Российского университета транспорта (МИИТ) (адрес: 127994, ГСП-4, Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9), ORCID: 0000-0002-7957-6082.

Чекмарев Анатолий Владимирович – к.т.н., доцент, доцент кафедры экономики и банковского бизнеса Университета МГИМО (адрес: 119454, Москва, пр. Вернадского, д. 76).

Статья поступила в редакцию 10.10.2024, принята к публикации после рецензирования 15.12.2024, опубликована онлайн 31.03.2025.

References

1. Kuznetsov A. V. Digital twins: current state and application prospects in production. *Journal of Science and Technology*. 2020, no. 27 (4), pp. 123–132. DOI: 10.21203/rs.3.rs-60559/v1
2. Smirnov P. I., Ivanov S. N. Application of neural networks in production processes: opportunities and challenges. *Bulletin of Mechanical Engineering*. 2021, no. 56 (2), pp. 45–52. DOI: 10.3846/me.2021.12345
3. Frolov V. G., Sidorova T. V. Business processes: concepts, language, architecture. *Scientific journal of FSBSI NUST MISIS*. 2019, no. 123 (3), pp. 67–75. DOI: 10.1016/j.procir.2019.01.024
4. Baranova E. I., Koshkin A. A. Digital Manufacturing Architecture: Issues and Approaches. *Innovative Technologies and Research*. 2018, no. 14 (1), pp. 36–42. DOI: 10.1134/S1028627218100281
5. Romanov S. V., Petrov D. A. Vulnerability Assessment in Digital Manufacturing Systems. *Bulletin of Tambov University. Ser. Natural and Technical Sciences*. 2021, no. 26 (4), pp. 88–96. DOI: 10.20310/1813-3363-2021-26-4-88-96
6. Nikiforov M. K., Podolskaya E. P. Artificial Intelligence in Industrial Automation: Opportunities and Risks. *Problems of Management*. 2022, no. 19 (1), pp. 41–48. DOI: 10.3846/pum.2022.12345
7. Soloviev A. V., Fedorova A. S. The Role of Machine Learning in Smart Manufacturing. *Engineering and Technology*. 2020, no. 35 (2), pp. 123–130. DOI: 10.1016/j.eneng.2020.02.012
8. Ashcraft K. et al. Digital Twin: The Ultimate Guide. *IEEE Internet of Things Journal*. 2020. DOI: 10.1109/JIOT.2020.3041450
9. Snyder J. C., Thole K. A. Performance of public film cooling geometries produced through additive manufacturing. *Journal of Turbomachinery*. 2020, vol. 142, no. 5, p. 051009. DOI: 10.1115/1.4046488
10. Weske M. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*. Springer Nature. Berlin, Heidelberg, Springer, 2024. DOI: 10.1007/978-3-662-69518-0
11. Ray A. M. J. K. M. R., Theis F. *Architecting the Internet of Things: State-of-the-Art, Challenges, and Future Directions*. Springer, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-45911-9

12. Blair G. S. et al. An architecture for next generation middleware. *Middleware'98: IFIP International Conference on Distributed Systems Platforms and Open Distributed Processing*. London, Springer, 1998, pp. 191–206.
13. DeSmit Z. et al. An approach to cyber-physical vulnerability assessment for intelligent manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*. 2017, vol. 43, pp. 339–351.
14. Hill K. E., Hill M. D., Kelly G. W. Do market share and demand uncertainty influence the relation between advertising expenditures and shareholder value? *Journal of Business Research*. 2020, vol. 115, pp. 61–69. DOI: 10.1016/j.jbusres.2020.04.028
15. Sharp M., Ak R., Hedberg Jr. T. A survey of the advancing use and development of machine learning in smart manufacturing. *Journal of manufacturing systems*. 2018, vol. 48, pp. 170–179.
16. Azarov V. N., Kuzina E. L., Kuzina M. A., Chekmarev A.V. Integration of a balanced scorecard and six sigma for managing OT projects, designing digital processes and products. *St Petersburg Economic Journal*. 2024, no. 3, pp. 57–72.

Information about the authors

Vladimir N. Azarov, DSc (Technical), full professor, full professor of the Department of Quality Management of the Russian University of Transport (MIIT) (address: 127994, GSP-4, Moscow, Obraztsova St., 9, p. 9).

Elena L. Kuzina, DSc (Economics), associate professor, full professor, Russian University of Transport (MIIT) (address: 127994, GSP-4, Moscow, Obraztsova St., 9, p. 9), ORCID: 0000-0002-6096-0826.

Marina A. Kuzina, assistant of the Department of Quality Management of the Russian University of Transport (MIIT) (address: 127994, GSP-4, Moscow, Obraztsova St., 9, p. 9), ORCID: 0000-0002-7957-6082.

Anatoliy V. Chekmarev, PhD (Technical), associate professor, MGIMO University (address: 119454, Moscow, Vernadsky Ave., 76).

The article was submitted on 10.10.2024, accepted for publication after reviewing on 15.12.2024, published online on 31.03.2025.

Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 18–27
St Petersburg Economic Journal. 2025, no. 1, pp. 18–27

Научная статья
УДК 658.5

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ХРОНОМЕТРАЖА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ «ОПЕРАТОР-ОБОРУДОВАНИЕ-ПРОЦЕСС»

DYNAMIC MODEL OF AUTOMATED TIMEKEEPING OF THE «OPERATOR-EQUIPMENT-PROCESS» PRODUCTION SYSTEM

А. В. Винниченко

аспирант, старший преподаватель кафедры инноватики и интегрированных систем качества, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), Санкт-Петербург, Россия, alex23rain@gmail.com

A. V. Vinnichenko

Post-Graduate Student, Senior Lecturer, Department of Innovation and Integrated Quality Systems, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation (GUAP), Saint Petersburg, Russia, alex23rain@gmail.com

Аннотация. В статье предложена динамическая модель автоматизированного хронометража (ДМАХ) для производственной системы «оператор-оборудование-процесс», основанная на множественной линейной регрессии. Модель учитывает влияние физиологических (X), эргономических (Y), технологических (Z) факторов, а также уровня качества (Q) и достоверности (R) действий оператора. Коэффициенты регрессии (β_i) определяются методом наименьших квадратов, минимизируя среднеквадратическую ошибку между прогнозируемой и фактической скоростью выполнения операций. Для автоматизации предложен алгоритм, интегрирующий методы компьютерного зрения и анализа больших данных. Алгоритм обеспечивает непрерывный мониторинг с использованием высокоскоростной оптической системы, включающей цифровой видеорегистратор. Обработка видеопотока основана на детектировании и распознавании образов, что позволяет автоматически сегментировать операции и сопоставлять их с предъявляемыми нормами и требованиями. Встроенный блок хронометража отслеживает время выполнения операций в реальном времени, выявляя отклонения и корректируя расчеты. Результаты визуализируются в виде интерактивных графиков, обеспечивая оперативный анализ и принятие решений для повышения производительности и качества продукции. ДМАХ минимизирует влияние внешних факторов и обеспечивает повышение эффективности работы производственной системы.

Ключевые слова: динамическая модель хронометража, автоматизация хронометража, уровень качества и степень достоверности действий оператора, производственная система «оператор-оборудование-процесс», компьютерное зрение

Abstract. The article proposes a dynamic model of automated timekeeping (DMAT) for the operator-equipment-process production system based on multiple linear regression. The model considers the influence of physiological (X), ergonomic (Y), technological (Z) factors, as well as the level of quality (Q) and reliability (R) of the operator's actions. Regression coefficients (β_i) are determined by the least squares method, minimizing the standard deviation between the predicted and actual speed of operations. For automation, an algorithm is proposed that integrates computer vision and big data analysis methods. The algorithm provides continuous monitoring using a high-speed optical system that includes a digital video recorder. Video stream processing is based on image detection and

© Винниченко А. В., 2025

recognition, which allows you to automatically segment operations and compare them with applicable standards and requirements. The built-in timekeeping unit monitors the execution time of operations in real time, detecting deviations and correcting calculations. The results are visualized in the form of interactive graphs, providing operational analysis and decision-making to improve productivity and product quality. DMAX minimizes the influence of external factors and ensures an increase in the efficiency of the production system.

Keywords: dynamic timekeeping model, timekeeping automation, quality level and degree of reliability of the operator's actions, production system "operator-equipment-process", computer vision

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflicts of interest.

Источник финансирования. Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение № FSRF-2023-0003, «Фундаментальные основы построения помехозащищенных систем космической и спутниковой связи, относительной навигации, технического зрения и аэрокосмического мониторинга».

Source of finance. The article was prepared with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Agreement No. FSRF-2023-0003, «Fundamental principles for building interference-proof systems for space and satellite communications, relative navigation, technical vision and aerospace monitoring».

Введение, цель

В контексте организации производства проблема автоматизированного хронометража производственных систем приобретает особую значимость. Хронометраж как инструмент анализа временных затрат на выполнение операций является ключевым элементом оптимизации производственных процессов, обеспечения качества продукции и повышения эффективности использования ресурсов. В последние десятилетия были предложены различные подходы к решению данной проблемы, однако многие аспекты остаются недостаточно изученными, что требует дальнейших исследований.

В работе [1] предложен метод автоматического хронометража, основанный на применении датчиков движения и алгоритмов машинного обучения. Авторы разработали систему «Исследование времени на основе компьютерного зрения», которая фиксирует временные параметры выполнения операций с высокой точностью, используя данные с носимых устройств и камер. В процессе апробации выявлено, что данный метод требует значительных вычислительных ресурсов и не всегда учитывает динамические изменения в производственной системе, такие как вариабельность технологических процессов или адаптацию оператора к изменяющимся условиям.

В исследовании [2] разработана модель хронометража, комплексно учитывающая эргономические и физиологические особенности операторов. Авторы подчеркивают, что учет таких факторов, как утомляемость, мотивация и когнитивные способности, позволяет более точно прогнозировать временные затраты на выполнение операций. Однако данная модель ограничена статичностью и не учитывает динамику взаимодействия оператора с оборудованием и технологическим процессом.

В работе [3] проведен анализ влияния динамики производственного процесса на хронометраж. Авторы предлагают методы адаптивного управления, позволяющие корректировать временные параметры в реальном времени. Несмотря на прогрессивность подхода, исследование не охватывает комплексное взаимодействие всех элементов системы «оператор-оборудование-процесс», что ограничивает его применимость в условиях многокритериальной оптимизации.

Несмотря на имеющиеся исследования, существует ряд нерешенных вопросов в области хронометража производственных систем. Современными моделями часто не учитывают изменчивость производственных условий, таких как колебания качества сырья, износ оборудования или вариабельность действий оператора. Это

приводит к неточностям при прогнозировании временных параметров, и следствием подобного несовершенства является снижение эффективности производственных процессов [4].

Большинство существующих решений не способны оперативно адаптироваться к изменениям в производственной системе, что особенно актуально в условиях высокой изменчивости технологических процессов и необходимости минимизации времени простоя [5].

Современные модели хронометража редко учитывают требования стандартизации и управления качеством продукции, что ограничивает их применимость в условиях жестких нормативных требований [6].

Таким образом, необходимо разработать модель, учитывающую динамику взаимодействия оператора, оборудования и технологического процесса. Такая модель должна быть основана на методах системного анализа и теории управления [7; 8; 13]. Использование алгоритмов машинного обучения позволит повысить точность хронометража и обеспечить адаптацию к изменяющимся условиям [9]. Разработка моделей, интегрирующих требования стандартизации и управления качеством, даст возможность повысить их применимость в реальных производственных условиях [6].

Разработка системы автоматизированного хронометража, способной оперативно реагировать на изменения в производственной системе, является ключевым направлением для повышения эффективности производственных процессов [10; 14; 15].

Методы исследования

Большинство существующих решений не обладают достаточной гибкостью для оперативной адаптации к изменениям в производственной системе. Это особенно важно в условиях высокой изменчивости технологических процессов и необходимости минимизации времени простоя.

В процессе разработки динамической модели автоматизированного хронометража было применено уравнение множественной линейной регрессии. Данная модель учитывает влияние физиологических, эргономических, технологических и качественных факторов на скорость выполнения операций. Кроме того, в модель интегрированы требования стандартов ISO 9001 [11], что обеспечивает ее соответ-

ствие международным стандартам организации производственных процессов.

Разработанный алгоритм автоматизированного расчета идентификаторов исследуемых факторов реализуется с использованием методов машинного обучения, позволяя учитывать сложные взаимосвязи между факторами и повышая точность прогнозирования временных параметров.

Динамическая модель автоматизированного хронометража реализована на основе алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей, что позволяет учитывать нелинейные зависимости и адаптировать модель к изменяющимся условиям, обеспечивая высокую точность и адаптивность временных параметров в процессе работы модели.

Результаты и дискуссия

Для решения данной проблемы разработана динамическая модель автоматизированного хронометража, учитывающая уровень качества и степень достоверности действий оператора. В качестве показателей качества и достоверности используются факторы и их индикаторы (X, Y, Z, Q, R) (таблица) [12].

ДМАХ основана на множественной линейной регрессии, которая позволяет установить зависимость скорости выполнения операций (V) от факторов X, Y, Z, Q, R:

$$V = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_5 * X_5 + \beta_6 * Y_1 + \dots + \beta_{10} * Y_5 + \beta_{11} * Z_1 + \dots + \beta_{14} * Z_4 + \beta_{15} * Q + \beta_{16} * R + \varepsilon, \quad (1)$$

где X_i – физиологические и психологические факторы, такие как физическая сила, реакция, память, внимание, мотивация; Y_i – характеристики оборудования и рабочего места, такие как эргономичность, удобство, техническое состояние; Z_i – параметры технологического процесса, такие как сложность операции, объем выпуска, длительность цикла; Q_i – уровень качества действий оператора; R_i – степень достоверности действий оператора; β_i – коэффициенты регрессии, определяемые методом наименьших квадратов; ε – случайная ошибка.

Коэффициенты регрессии в уравнении (1) отражают влияние каждого фактора на производительность оператора. Определение коэффициентов регрессии методом наименьших квадратов позволяет минимизировать средне-

Группы исследуемых факторов
Groups of factors studied

Обозначение	Наименование фактора	Индикатор	Наименование индикаторов	Значение индикатора
Психологические и физиологические факторы (X_n)				
X ₁	Уровень стресса	X _{1,1}	Высокий	X _{1,1} = 0,25
		X _{1,2}	Присутствует	X _{1,2} = 0,5
		X _{1,3}	Отсутствует	X _{1,3} = 1,0
X ₂	Физическая усталость	X _{2,1}	Высокая	X _{2,1} = 0,25
		X _{2,2}	Присутствует	X _{2,2} = 0,5
		X _{2,3}	Отсутствует	X _{2,3} = 1,0
X ₃	Опыт работы	X _{3,1}	Отсутствует	X _{3,1} = 0,25
		X _{3,2}	Присутствует	X _{3,2} = 0,5
		X _{3,3}	Высокий	X _{3,3} = 1,0
X ₄	Эмоциональное состояние	X _{4,1}	Нестабильное	X _{4,1} = 0,25
		X _{4,2}	Нормальное	X _{4,2} = 0,5
		X _{4,3}	Стабильное	X _{4,3} = 1,0
X ₅	Уровень мотивации	X _{5,1}	Отсутствует	X _{5,1} = 0,25
		X _{5,2}	Присутствует	X _{5,2} = 0,5
		X _{5,3}	Высокий	X _{5,3} = 1,0
Характеристики оборудования и рабочего места (Y_n)				
Y ₁	Эффективность станка	Y _{1,1}	Отсутствует	Y _{1,1} = 0,25
		Y _{1,2}	Присутствует	Y _{1,2} = 0,5
		Y _{1,3}	Высокая	Y _{1,3} = 1,0
Y ₂	Уровень эргономики рабочего места	Y _{2,1}	Отсутствует	Y _{2,1} = 0,25
		Y _{2,2}	Присутствует	Y _{2,2} = 0,5
		Y _{2,3}	Высокая	Y _{2,3} = 1,0
Y ₃	Наличие вспомогательных средств	Y _{3,1}	Высокое	Y _{3,1} = 0,25
		Y _{3,2}	Присутствует	Y _{3,2} = 0,5
		Y _{3,3}	Отсутствует	Y _{3,3} = 1,0
Y ₄	Техническое состояние оборудования	Y _{4,1}	Отсутствует	Y _{4,1} = 0,25
		Y _{4,2}	Присутствует	Y _{4,2} = 0,5
		Y _{4,3}	Высокое	Y _{4,3} = 1,0
Y ₅	Автоматизация процессов	Y _{5,1}	Отсутствует	Y _{5,1} = 0,25
		Y _{5,2}	Частичная	Y _{5,2} = 0,5
		Y _{5,3}	Высокая	Y _{5,3} = 1,0
Параметры технологического процесса (Z_n)				
Z ₁	Сложность операции	Z _{1,1}	Сложная	Z _{1,1} = 0,25
		Z _{1,2}	Стандартная	Z _{1,2} = 0,5
		Z _{1,3}	Легкая	Z _{1,3} = 1,0
Z ₂	Время на операцию	Z _{2,1}	Большое	Z _{2,1} = 0,25
		Z _{2,2}	Стандартное	Z _{2,2} = 0,5
		Z _{2,3}	Малое	Z _{2,3} = 1,0
Z ₃	Наличие четкой инструкции	Z _{3,1}	Отсутствует	Z _{3,1} = 0,25
		Z _{3,2}	Частично присутствует	Z _{3,2} = 0,5
		Z _{3,3}	Присутствует	Z _{3,3} = 1,0

Окончание таблицы
End of table

Обозначение	Наименование фактора	Индикатор	Наименование индикаторов	Значение индикатора
Z ₄	Влияние внешних условий	Z _{4,1}	Высокое	Z _{4,1} = 0,25
		Z _{4,2}	Присутствует	Z _{4,2} = 0,5
		Z _{4,3}	Отсутствует	Z _{4,3} = 1,0
Уровень качества действий оператора (Q _n)				
Q ₁	Действия оператора	Q _{1,1}	Неправильное	Q _{1,1} = 0,25
		Q _{1,2}	Приемлемое	Q _{1,2} = 0,5
		Q _{1,3}	Правильное	Q _{1,3} = 1,0
Степень достоверности действий оператора (R _n)				
R ₁	Достоверность действий оператора	R _{1,1}	Недостоверное	R _{1,1} = 0,25
		R _{1,2}	Стабильное	R _{1,2} = 0,5
		R _{1,3}	Достоверное	R _{1,3} = 1,0

Источник: составлено автором.
Source: Compiled by the author.

квадратическую ошибку между прогнозируемой и фактической скоростью выполнения операций.

Формулируя модель для оценки скорости выполнения операций (V) оператора можно представить через выражение (2):

$$V = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 Y_1 + \beta_7 Y_2 + \beta_8 Y_3 + \beta_9 Y_4 + \beta_{10} Y_5 + \beta_{11} Z_1 + \beta_{12} Z_2 + \beta_{13} Z_3 + \beta_{14} Z_4 + \beta_{15} Q_1 + \beta_{16} R_1 + \varepsilon. \quad (2)$$

С помощью метода наименьших квадратов проводится регрессионный анализ для обрабатываемых данных, в процессе вычислений получаем значения коэффициентов β_i , подставляем полученные значения коэффициентов в уравнение (2), так на основе полученной модели можно проанализировать, как каждый из факторов влияет на производительность оператора.

Для последующей автоматизации, основанной на предложенной математической модели (1), необходимо упростить расчет индикаторов исследуемых параметров (рис. 1). Данный алгоритм реализует автоматизированный контроль качества производственного процесса, функционирует на основе итеративной процедуры оценки входных параметров исследуемых факторов (X_n, Y_n, Z_n, Q_n, R_n), представляющих собой наборы индикаторов ($X_{nm}, Y_{nm}, Z_{nm}, Q_{nm}, R_{nm}$), характеризующих состояние производственной системы «оператор-оборудование-процесс» (ПС ООП).

На каждом этапе оценки исследуемого фактора через итеративный цикл (J) проводится статистический анализ индикаторов. В рамках этого анализа применяется метод пороговых значений, где каждому индикатору сопоставляется набор пороговых значений, определяющих классификацию его состояния как «отличное», «нормальное» или «неудовлетворительное». Данная классификация выполняется с применением методов математического моделирования для определения оптимальных пороговых значений, обеспечивающих адекватность оценки состояния системы.

После классификации индикаторов алгоритм осуществляет обработку данных с помощью системы принятия решений, обращаясь к базе данных рекомендаций. Данная база содержит набор рекомендаций по корректировке работы ПС ООП, сопоставленных с различными комбинациями состояний индикаторов. В результате проведенного анализа ДМАХ под полученные данные подбирает наиболее подходящий набор рекомендаций, обеспечивающий минимизацию отклонений от заданных параметров.

После этого разрабатывается алгоритм ДМАХ (рис. 2) интегрирующий методы компьютерного зрения и анализа больших данных. Он позволяет осуществлять сбор и обработку данных с использованием высокоскоростной оптической системы, включающей в себя специализированный цифровой видеорегистратор с камерой, ориентированной на рабочую зону

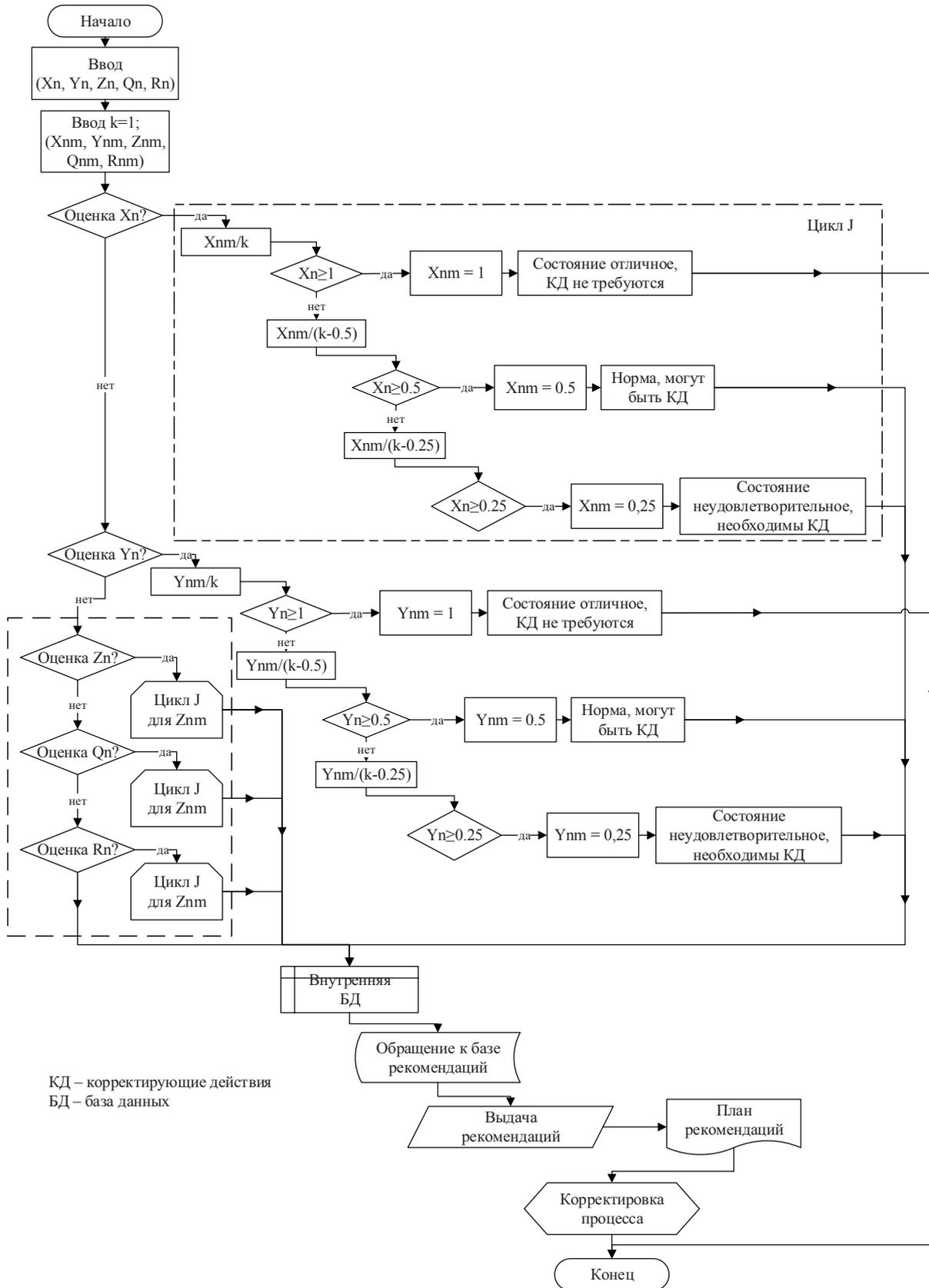


Рис. 1. Фрагмент алгоритма расчета исследуемых факторов и их индикаторов
Fig. 1. Fragment of the algorithm for calculating the studied factors and their indicators

Источник: составлено автором.
Source: Compiled by the author.

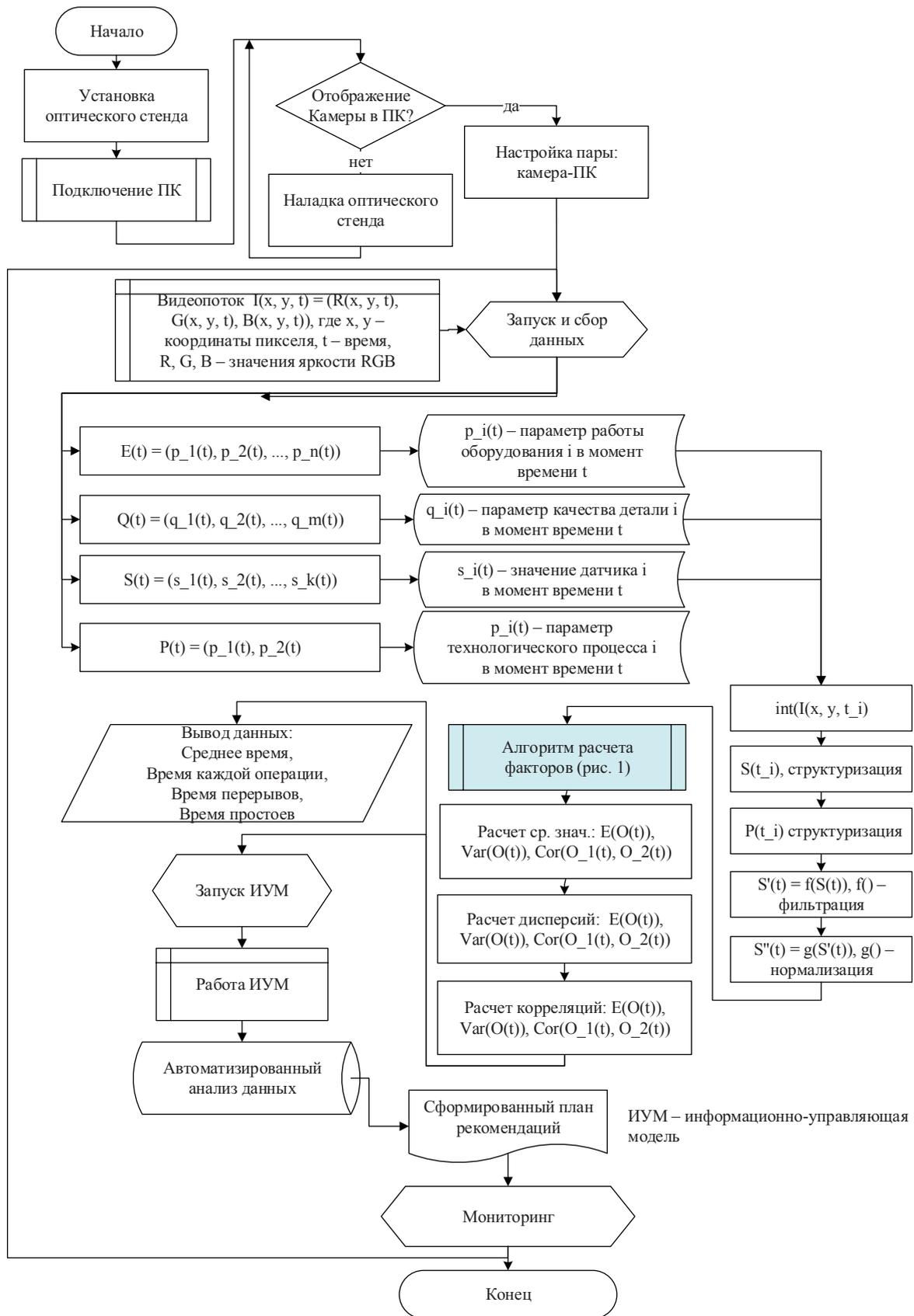


Рис. 2. Фрагмент укрупненного алгоритма работы автоматизированного хронометража

Fig. 2. Fragment of the integrated algorithm of automated timekeeping

Источник: составлено автором.
Source: Compiled by the author.

производственной системы «оператор-оборудование-процесс», минимизируя влияние внешних факторов на качество изображения. Данное решение обеспечивает непрерывный мониторинг действий оператора и состояния оборудования в ПС. Обработка видеопотока осуществляется с применением алгоритмов компьютерного зрения, включающих детектирование и распознавание образов и движений оператора, а также автоматическую сегментацию производственных операций по изначально заданным параметрам. Полученные данные о временных параметрах выполнения операций автоматически сопоставляются с заранее заданными стандартами времени, зафиксированными в нормативно-технической документации и базе данных технологических процессов. Блок данных автоматического хронометража, встроенный в ДМАХ, позволяет отслеживать время выполнения различных этапов производственного процесса в режиме реального времени, выявляя отклонения от плановых показателей, и включает корректирующие коэффициенты, влияющие на расчет реального времени выполнения операции. Полученные результаты визуализируются в виде интерактивных графиков и отчетов, что дает возможность оперативно анализировать динамику производственного процесса и принимать оптимальные управленческие решения с целью повышения производительности труда и качества продукции в соответствии с требованиями стандартизации и управления качеством.

Разработанный алгоритм автоматизированного хронометража, основанный на интеграции статистических методов и технологий компьютерного зрения, представляет собой инновационный инструмент для повышения эффективности ДМАХ ПС. Реализация данного подхода обеспечивает сбор, обработку и анализ данных в режиме реального времени, что позволяет оперативно адаптировать производственные процессы к изменяющимся внешним и внутренним условиям, минимизируя временные задержки и оптимизируя ресурсное планирование.

Предложенная динамическая модель автоматизированного хронометража демонстрирует значительный потенциал для повышения точности и достоверности хронометражных измерений за счет учета множества факторов, включая психофизиологическое состояние оператора, его квалификацию и условия труда. Внедрение данной модели позволяет сократить временные потери при выполнении технологических операций в ПС ООП на 5–10 %, что способствует повышению общей производительности оператора и оптимизации производственной системы в целом.

Заключение

Математическая модель, разработанная в рамках исследования, обеспечивает комплексную оценку влияния различных факторов на производительность оператора в системе «оператор-оборудование-процесс». Уравнение (1), предложенное по результатам исследования, позволяет не только установить зависимость скорости выполнения операций (V) от различных факторов в ПС ООП, но и идентифицировать узкие места производственного процесса в режиме реального времени, что открывает возможности для оперативной корректировки и оптимизации технологических операций, способствуя повышению качества выпускаемой продукции и общей эффективности производственной системы.

Таким образом, предложенная динамическая модель автоматизированного хронометража является эффективным инструментом для анализа, прогнозирования и оптимизации производственных процессов. Она позволяет не только оценивать текущую производительность оператора, но и прогнозировать ее изменения в зависимости от модификации условий труда, технологических параметров и уровня квалификации персонала. Внедрение данной модели в производственные системы ООП способствует достижению значительного экономического эффекта за счет повышения точности планирования, снижения временных затрат и улучшения качества выпускаемой продукции.

Список источников

1. Ji J., Pannakkong W., Buddhakulsomsiri J. A Computer Vision-Nased Model for Automatic Motion Time Study // *Computers, Materials & Continua*. 2022. № 73 (2). P. 3557–3574.

2. Горячкин Б. С. Эргономический анализ систем обработки информации и управления // Наукoведение (интернет-журн.). 2017. Т. 9, № 3.
3. Куликов Г. Г., Речкалов А. В., Артюхов А. В. Методология системного моделирования адаптивного управления машиностроительным производством // Вестн. ЮУрГУ. Сер. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2020. Т. 20, № 4. С. 115–125.
4. Фролов И. Э., Тресорук А. А. К вопросу о прогнозировании высокотехнологичных производств в современных условиях: теоретико-методологические аспекты // Науч. тр.: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2022. Т. 20. С. 7–40.
5. Комиссарова М. А., Погорелова Л. А. Цифровизация документооборота как основа инноватизации управления производственными системами // Вестн. Сиб. ин-та бизнеса и информационных технологий. 2024. Т. 13, № 1. С. 92–97.
6. Крылов К. И. Информационное обеспечение стандартизации в управлении качеством продукции: дис. ... канд. экон. наук / СПбГЭУ. Санкт-Петербург, 2023. 137 с.
7. Мальков М. В., Олейник А. Г., Федоров А. М. Моделирование технологических процессов: методы и опыт // Тр. Кольского науч. центра РАН. 2010. № 3. С. 93–101.
8. Трофимова М. С., Трофимов С. М. Обзор методов и методик системного анализа применительно к управлению качеством предприятия // Вестн. ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2015. № 14. С. 74–96.
9. Runtime prediction of big data jobs: performance comparison of machine learning algorithms and analytical models / N. Ahmed et al. // J. of Big Data. 2022. Vol. 9, № 1. P. 67.
10. Болин Ю. Автоматизация технологических процессов: перспективы, вызовы и пути повышения производственной эффективности // Universum: технические науки. 2024. Т. 2, № 11 (128). С. 11–13.
11. ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ, 2020. 32 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200124394> (дата обращения: 10.01.2025).
12. Назаренко Н. А. Методика оценки уровня эргономичности автоматизированных систем управления производством // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2019. № 10. С. 39–46.
13. Интеграция систем менеджмента качества и бережливого производства – залог системности развития стратегических задач РФ / К. Г. Озеров, С. Н. Кузьмина, В. В. Силаева, К. В. Мачульская // Качество и жизнь. 2024. № 1-2 (41-42). С. 4–8.
14. Артамонова О. С., Князева Е. А., Чурилов Г. Г. Эффективные практики визуального менеджмента в управлении качеством производства электрооборудования // Петерб. экон. журн. 2024. № 1. С. 7–15.
15. Четыркина Н. Ю., Медведева М. В. Методологические аспекты процедуры оценки эффективности систем менеджмента качества: требования, принципы и ограничения // Петерб. экон. журн. 2024. № 2. С. 26–35.

Информация об авторе

Винниченко Александра Валерьевна – аспирант кафедры инноватики и интегрированных систем качества Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения (адрес: 190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А), ORCID: 0000-0002-3317-4723, SPIN-код: 2578-2770.

Статья поступила в редакцию 23.12.2024, принята к публикации после рецензирования 29.01.2025, опубликована онлайн 31.03.2025.

References

1. Ji J., Pannakkong W., Buddhakulsomsiri J. A Computer Vision-Based Model for Automatic Motion Time Study. *Computers, Materials & Continua*. 2022, no. 73 (2), pp. 3557–3574.
2. Goryachkin B. S. Ergonomic analysis of information processing and control systems. *Internet journal Naukovedenie*. 2017, vol. 9, no. 3.

3. Kulikov G. G., Rechkalov A. V., Artyukhov A. V. Methodology of system modeling of adaptive control of mechanical engineering production. *Bulletin of SUSU. Ser. Computer Technologies, Management, Radio Electronics*. 2020, vol. 20, no. 4, pp. 115–125.
4. Frolov I. E., Tresoruk A. A. On the Issue of Forecasting High-Tech Production in Modern Conditions: Theoretical and Methodological Aspects. *Scientific Works: Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences*. 2022, vol. 20, pp. 7–40.
5. Komissarova M. A., Pogorelova L. A. Digitalization of Document Management as a Basis for Innovatization of Production Systems Management. *Bulletin of the Siberian Institute of Business and Information Technology*. 2024, vol. 13, no. 1, pp. 92–97.
6. Krylov K. I. Information support for standardization in Product Quality Management: dis. ... candidate of economic sciences / Saint Petersburg State University of Economics. Saint Petersburg, 2023. 137 p.
7. Malkov M. V., Oleinik A. G., Fedorov A. M. Modeling of technological processes: methods and experience. *Transactions of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2010, no. 3, pp. 93–101.
8. Trofimova M. S., Trofimov S. M. Review of methods and techniques of system analysis applied to enterprise quality management. *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Electrical engineering, information technology, control systems*. 2015, no. 14, pp. 74–96.
9. Ahmed N. et al. Runtime prediction of big data jobs: performance comparison of machine learning algorithms and analytical models. *Journal of Big Data*. 2022, vol. 9, no. 1.
10. Bolin Yu. Automation of technological processes: prospects, challenges and ways to improve production efficiency. *Universum: technical sciences*. 2024, vol. 2, no. 11 (128), pp. 11–13.
11. GOST R ISO 9001–2015. Quality management systems. Requirements. M., Standartinform, 2020, 32 p. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200124394> (accessed: 10.01.2025).
12. Nazarenko N. A. Methodology for assessing the level of ergonomics of automated production control systems. *Izvestiya SPbGETU LETI*. 2019, no. 10, pp. 39–46.
13. Ozerov K. G., Kuzmina S. N., Silaeva V. V., Machulskaya K. V. Integration of quality management systems and lean manufacturing – the key to the systematic development of strategic tasks of the Russian Federation. *Quality and Life*. 2024, no. 1-2 (41-42), pp. 4–8.
14. Artamonova O. S., Knyazeva E. A., Churilov G. G. Effective practices of visual management in quality management of electrical equipment production. *St Petersburg Economic Journal*. 2024, no. 1, pp. 7–15.
15. Chetyrkina N. Yu., Medvedeva M. V. Methodological aspects of the procedure for assessing the effectiveness of quality management systems: requirements, principles and limitations. *St Petersburg Economic Journal*. 2024, no. 2, pp. 26–35.

Information about the author

Alexandra V. Vinnichenko, postgraduate student at the Department of Innovation and Integrated Quality Systems at Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation (address: 190000, Russia, Saint Petersburg, Bolshaya Morskaya St., 67, lit. A), ORCID: 0000-0002-3317-4723, SPIN code: 2578-2770.

The article was submitted on 23.12.2024, accepted for publication after reviewing on 29.01.2025, published online on 31.03.2025.

Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 28–41
St Petersburg Economic Journal. 2025, no. 1, pp. 28–41

Научная статья
УДК 62-5

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ЛИНИЙ РОЗЛИВА НА ОСНОВЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

QUALITY CONTROL MODEL FOR ROBOTIC FILLING LINES VIA FAULT LOCALIZATION

Е. С. Квас

аспирант, старший преподаватель кафедры электромеханики и робототехники, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), Санкт-Петербург, Россия, E.kvas@guap.ru

E. S. Kvas

Post-Graduate Student of the Department of Electromechanics and Robotics, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation (GUAP), Saint Petersburg, Russia, E.kvas@guap.ru

***Аннотация.** В статье предлагается математическая модель, направленная на повышение качества функционирования роботизированных линий розлива посредством детектирования и локализации неисправностей в ключевых производственных операциях, таких как дозирование, укупорка, этикетирование, упаковка. Качество функционирования роботизированных линий розлива в данном случае определяется через интенсивность отклонений от нормального состояния операции, включая вероятность ошибок первого рода (ложные срабатывания) и второго рода (пропуски аномалий). Основной целью исследования является разработка такой модели, которая позволяет своевременно обнаруживать отклонения от нормального функционирования операции и точно определять место возникновения неисправности, способствуя таким образом поддержанию заданного качества функционирования производственной линии. Предлагаемая модель описывает производственный процесс как последовательность ключевых операций, каждая из которых имеет вероятностные характеристики частоты вызовов и временных параметров выполнения. Метрики отклонений рассчитываются для оценки степени несоответствия реальных значений выполнения операции допустимым нормам. Симуляционное моделирование на основе данных реальных производственных систем продемонстрировало, что модель позволяет не только выявлять аномалии, но и локализовать их на уровне конкретных операций. Оценка точности моделирования показала, что предложенная модель достигает высокой специфичности (99,5 %) и чувствительности (96 %) в выявлении аномальных циклов. Это указывает на способность модели корректно определять аномальные состояния (например, отклонения в дозировании или укупорке), а высокая специфичность отражает низкую вероятность ошибочной классификации нормального цикла производственной операции как аномального. Таким образом, предлагаемая модель является универсальным инструментом для управления качеством автоматизированных производственных линий, применимым в различных отраслях промышленности, и способствует дальнейшему развитию методов контроля качества выполнения производственных операций в автоматизированных линиях.*

***Ключевые слова:** роботизированные линии розлива, системы локализованного контроля, автоматизация, организация процессов роботизированной линии, управление качеством функционирования роботизированной линии*

© Квас Е. С., 2025

Abstract. The article proposes a mathematical model aimed at improving the operational quality of robotic filling lines through the detection and localization of faults in key production operations such as dispensing, capping, labeling, and packaging. The operational quality of robotic filling lines in this context is defined by the intensity of deviations from the normal state of an operation, including the probability of Type I errors (false positives) and Type II errors (false negatives). The primary objective of the research is to develop a model that enables timely detection of deviations from normal operation and precise identification of fault locations, thereby maintaining the desired operational quality of the production line.

The proposed model describes the production process as a sequence of key operations, each characterized by probabilistic parameters, such as the frequency of function calls and the temporal execution parameters. Deviation metrics are calculated to assess the degree of non-conformity of actual operation performance with acceptable norms. Simulation modeling based on real production system data demonstrated that the model not only detects anomalies but also localizes them at the level of specific operations. Accuracy evaluation of the model revealed that it achieves high specificity (99.5 %) and sensitivity (96 %) in identifying anomalous cycles. This indicates the model's ability to correctly detect abnormal conditions (e.g., deviations in dispensing or capping), while its high specificity reflects a low likelihood of incorrectly classifying a normal operational cycle as anomalous. Thus, the proposed model serves as a universal tool for quality management of automated production lines, applicable to various industrial sectors, and contributes to the further development of quality control methods for production operations in automated lines.

Keywords: robotic filling lines, fault localization systems, automation, organization of robotic line processes, quality management of robotic line operation

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflicts of interest.

Введение, цель

В условиях современной промышленности роботизированные линии розлива играют ключевую роль в обеспечении высокой производительности и качества продукции. Однако повышенная сложность таких систем приводит к увеличению вероятности возникновения не только различных неисправностей, но и аномалий в процессах функционирования ключевых операций производственного процесса, что может негативно сказаться на эффективности производства и качестве выпускаемой продукции. При этом существующие методы контроля функционирования производственных процессов и операций порой не унифицированы и часто не позволяют своевременно и точно локализовать неисправности и аномалии в выполняемой операции, что приводит к простоям и дополнительным затратам [1; 2].

Отсюда возникает актуальная задача в данной области – разработка новых подходов контроля выполнения ключевых операций в автоматизированных производственных линиях, которые позволяют не только своевременно вы-

являть отклонения от нормального функционирования этих операций, но и точно локализовать место возникновения отклонения или аномалии.

Следует отметить, что в рамках данного исследования качество функционирования роботизированных линий определяется через интенсивность отклонений от идеальных характеристик работы операций, включая вероятность ошибок первого рода (ложные срабатывания) и второго рода (пропуски аномалий).

Математическое моделирование нормального функционирования производственного процесса является основой для локализации и анализа аномальных состояний. В рамках данной работы предлагается модель, описывающая последовательность ключевых операций, выполняемых на роботизированной линии розлива с использованием функций вероятностной оценки нормальных и отклоняющихся значений, где каждое значение соответствует вызову функции на каждом этапе производственного цикла.

По данной проблематике существуют схожие подходы и исследования, например,

предложен подход к диагностике неисправностей на линиях розлива на основе моделей, который включает индивидуальные решения для диагностики на основе машинных данных. Тестирование на практике показало, что модель обеспечивает до 87,1 % правильных результатов диагностики и признана полезным инструментом для оптимизации работы завода [3]. Данное исследование актуально, так как комплексные производственные линии нуждаются в быстрых и точных инструментах для минимизации времени простоя, однако подход ограничен конкретной настройкой модели под оборудование и может требовать значительной адаптации для других типов линий розлива.

Известны методы онлайн-анализа аномалий с использованием независимого компонентного анализа. Данные исследования демонстрируют методы обнаружения аномалий на основе анализа многомерных сигналов, что в целом помогает выявлять скрытые структуры и предупреждать дефекты в производственном процессе. Такие методы включают независимый компонентный анализ и позволяют обнаруживать отклонения, что может применяться для повышения качества продукции в различных производственных процессах [4–6]. Эти подходы актуальны в современных промышленных системах с множеством датчиков и сенсоров, однако они не всегда учитывают временные зависимости в данных, что может ограничить точность выявления неисправностей.

Также разрабатываются и внедряются алгоритмы для работы интеллектуальных систем управления сложными объектами, построенных на основе генетических и роевых подходов [7; 8]. Однако проблема адаптации таких алгоритмов заключается в сложности настройки для специфических производственных условий и необходимости балансировать между глобальным и локальным поиском решений.

В рамках визуального контроля качества современные исследования используют автоэнкодеры для автоматического определения дефектов, что стало особенно актуальным в условиях Индустрии 4.0 (Industry 4.0). Визуальные аномалии можно определять точно и оперативно, однако для точности анализа данных необходимы большие объемы данных и учет

разнообразных факторов, что не всегда применимо к малым сериям производства [9–11].

Системы предиктивного технического обслуживания в рамках Индустрии 4.0 все чаще используют цифровые двойники, интегрированные с технологиями искусственного интеллекта, для повышения точности прогнозов и снижения рисков отказов [12; 13]. Выявлено, что такая интеграция способствует улучшению диагностики, позволяя точнее прогнозировать возможные неисправности и планировать ремонтные работы, что может существенно уменьшить простои оборудования. Модель, предлагаемая в данной работе, использует анализ частотных и временных метрик для точного выявления и локализации неисправностей на уровне отдельных узлов производственной линии. Это позволяет не только своевременно обнаруживать отклонения, но и адаптировать предиктивное обслуживание к специфике конкретного оборудования, что способствует сокращению простоев и снижению затрат на техническое обслуживание.

Исследование Валиахметова и соавторов отличается схожим подходом к обработке временных рядов и диагностике неисправностей, используя математические модели для выявления аномалий в сложных производственных системах. Их метод основан на эвристических алгоритмах для анализа данных, в то время как в настоящем исследовании акцент сделан на разработке математической модели управления качеством функционирования роботизированных линий розлива, которая включает локализацию неисправностей и контроль аномалий производственного процесса [14].

Цель исследования состоит в разработке и верификации математической модели для управления качеством функционирования роботизированных линий розлива на основе методов локализации неисправностей и контроля аномалий производственных процессов.

Предлагаемая модель должна обеспечить своевременное обнаружение аномалий в режиме реального времени; точную локализацию неисправностей до уровня конкретных узлов или функций; масштабируемость для применения на производственных линиях различной сложности.

Методы исследования

Для повышения эффективности управления качеством функционирования роботизированных линий розлива необходимо разработать модель, позволяющую детектировать и локализовать неисправности в режиме реального времени. Основой для такой модели является анализ нормального поведения производственной системы и выявление отклонений, связанных с аномалиями в работе оборудования или процессов.

В основе предложенного метода лежит концепция моделирования на основе вызовов функций и анализа отклонений от нормального профиля работы системы. Данная концепция была адаптирована из подхода «Диагностики на основе моделей для локализации неисправностей в программах на языке Си с несколькими тестовыми примерами» и приспособлена для условий роботизированных производственных линий [15]. Исходная модель, предложенная Orvalho et al. (2024), предназначена для локализации неисправностей в программах на языке Си с использованием нескольких тестовых примеров. Основной идеей их подхода является применение модельно-ориентированной диагностики для выявления потенциальных ошибок в коде путем сравнения ожидаемого и фактического поведения программы.

В то время как модель Orvalho et al. фокусируется на программных ошибках, данная адаптация учитывает как программные, так и аппаратные аспекты производственного процесса, а функции в предлагаемой модели представляют не только программные вызовы, но и ключевые операции роботизированной линии розлива.

Предположим, что процесс розлива P можно представить как набор последовательно выполняемых операций $O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$, где каждая операция o_i характеризуется функциональными параметрами, включающими частоту вызова функции f_i , временные параметры выполнения операции $T(o_i)$ и спецификацию допустимых значений для обеспечения допустимого уровня качества функционирования операции o_i .

Для более точного анализа поведения системы декомпозируем процесс розлива на

отдельные функциональные единицы или исполнительные блоки, соответствующие определенным событиям или действиям. Такие блоки могут быть связаны с конкретными механизмами или модулями оборудования (например, дозирование, укупорка, этикетирование).

При этом учитываются следующие допущения:

1) каждая операция o_i является условно независимой и выполняется параллельно или последовательно, с небольшим временным лагом между этапами;

2) в течение нормального периода работы линии частоты выполнения функций f_i сохраняются стационарными;

3) временные параметры $T(o_i)$, не зависят от внешних условий, что предполагает работу линии в номинальном режиме при нормальных операционных условиях.

Каждая операция o_i характеризуется рядом параметров, определяющих ее нормальное функционирование:

– средняя частота вызова функции \bar{f}_i – это показатель, который отражает, как часто функция f_i выполняется за единицу времени в условиях нормальной работы системы;

– среднее время выполнения функции $\bar{T}(f_i)$ – это ожидаемая продолжительность выполнения функции f_i в пределах операции o_i , которое определяется на основе статистических данных и служит ориентиром для оценки качества выполнения операции;

– диапазоны допустимых отклонений для частоты и времени выполнения функций Δf_i и $\Delta T(f_i)$, которые устанавливаются с учетом требований к качеству функционирования роботизированной линии и основаны на предварительном анализе рабочих данных, отражающих допустимый уровень вариативности в работе системы.

Для нормального функционирования процесса сформируем массив значений вызовов функций, где каждому этапу производства соответствует определенный профиль выполнения.

Таким образом, нормальная функция вызова для каждой операции o_i описывается вероятностью выполнения вызова функции $p(f_i)$, где f_i – это вызов функции, $p(f_i)$ – вероятность выполнения f_i в нормальных условиях.

Формально вероятность успешного выполнения функции f_i для нормальной работы процесса на линии можно выразить как

$$p(f_i) = n_{i \text{ норм}} / N,$$

где $n_{i \text{ норм}}$ – количество вызовов функции f_i в нормальных условиях; N – общее количество вызовов в период времени T .

При возникновении отклонений от номинальных условий система фиксирует аномальные значения, используя метрику отклонения. Пусть функция вызова f_i в момент отклонения выполняется с частотой $n_{i \text{ откл}}$, тогда отклонение $D(f_i)$ можно определить как

$$D(f_i) = |p(f_i) - (n_{i \text{ откл}} / N)|,$$

где $D(f_i)$ – метрика отклонения для функции f_i , рассматриваемая через абсолютное значение отклонения вероятности.

Таким образом, если функция f_i обычно вызывается с высокой вероятностью $p(f_i) \approx 1$, но в текущем цикле не была вызвана, это может указывать на неисправность. В этом случае метрика вычисляется как

$$D(f_i) = p(f_i).$$

Если функция f_i обычно вызывается редко $p(f_i) \approx 0$, но в текущем цикле была вызвана, это также может свидетельствовать об аномалии:

$$D(f_i) = 1 - p(f_i).$$

Суммарная метрика отклонения для всего процесса на линии розлива рассчитывается как сумма всех индивидуальных метрик отклонений:

$$D_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n w_i D(f_i),$$

где w_i – весовой коэффициент, отражающий значимость функции f_i для общего качества функционирования роботизированной линии. Весовые коэффициенты определяются на основе анализа статистических данных и экспертных оценок.

Для распознавания аномалий в работе системы определяется пороговое значение метрики $D_{\text{порог}}$ выше которого система рассматривается как находящаяся в состоянии отклонения, требующем вмешательства. Пороговое значение определяется эмпирически или

на основе анализа исторических данных, а при превышении этого порога включается алгоритм диагностики и локализации неисправностей.

Когда значение $D_{\text{общ}}$ превышает пороговое значение $D_{\text{порог}}$ система рассматривает это состояние как потенциально аномальное, требующее вмешательства оператора или корректирующих действий.

Суммарная метрика отклонения $D_{\text{общ}}$ анализируется по следующим критериям:

- если $D_{\text{общ}} < D_{\text{порог}}$ система функционирует в нормальном режиме;
- если $D_{\text{общ}} \geq D_{\text{порог}}$ возникает состояние, требующее корректирующих действий.

Метрики отклонений для каждого вызова функции $D(f_i)$ анализируются для локализации конкретного этапа операции o_i , связанного с вызовом функции f_i , что позволяет выявить участок процесса, вызвавший отклонение.

Для учета временных характеристик работы линии вводится функция распределения вероятности времени выполнения операций $T(f_i)$, описывающая среднюю и дисперсию времени выполнения функции f_i .

Если обозначить нормальное время выполнения функции как $\mu(f_i)$ и его стандартное отклонение как $\sigma(f_i)$, то при отклонении временного параметра $T(f_i)$ от нормы вводится временная метрика отклонения $TD(f_i)$, т. е. если время выполнения функции $T(f_i)$ отклоняется от среднего значения $\mu(f_i)$ более чем на допустимое стандартное отклонение $\sigma(f_i)$, то вводится временная метрика отклонения:

$$TD(f_i) = \left| \frac{T(f_i) - \mu(f_i)}{\sigma(f_i)} \right|,$$

где $T(f_i)$, – время выполнения функции f_i в аномальном цикле.

Итоговая метрика отклонения $D_{\text{итог}}$ для производственного цикла интегрирует как частотные, так и временные параметры:

$$D_{\text{итог}} = \alpha D_{\text{общ}} + \beta \sum_{i=1}^n TD(f_i),$$

где α и β – коэффициенты, определяющие вклад каждой метрики в итоговое значение. Данные коэффициенты подбираются на этапе калибровки системы и зависят от конкретных требований к качеству и надежности производственного процесса.

Таким образом, процесс локализации неисправностей включает следующие этапы:

1) сбор данных о вызовах функций и их временных характеристиках;

2) сравнение фактических данных с эталонной моделью нормального функционирования;

3) вычисление метрик отклонений (для каждой функции f_i рассчитываются метрики $D(f_i)$ и $T(f_i)$);

4) идентификация аномалий (функции с наибольшими значениями метрик $D_{\text{итог}}(f_i)$ рассматриваются как потенциальные источники неисправностей;

5) локализация неисправностей через анализ операций o_i , связанных с выявленными функциями f_i для определения конкретных узлов или компонентов системы, вызывающих аномалии;

6) анализ дерева вызовов (исследуется дерево вызовов для выявленных функций, чтобы определить причинно-следственные связи и локализовать неисправность в конкретном компоненте или узле оборудования).

В роботизированных линиях розлива часто присутствуют группы узлов или механизмов, выполняющих идентичные функции (например, несколько параллельных дозаторов или укупорочных машин). Для повышения эффективности моделирования и снижения объема вычислений предлагается использовать подход агрегирования моделей для однородных групп оборудования.

При этом для каждой группы узлов формируется обобщенная модель нормального функционирования, которая учитывает статистические данные, собранные со всех узлов группы. Вероятности вызовов функций $p(f_i)$ и статистические характеристики времени выполнения $\mu(f_i)$, $\sigma(f_i)$ рассчитываются на основе объединенных данных, что позволяет получить более точные оценки за счет увеличения выборки.

Для обеспечения высокой скорости реакции системы на возникновение аномалий предлагается использовать параллельные вычисления при обработке данных и вычислении метрик отклонения. Каждый узел производственной линии выполняет вычисления метрик $D(f_i)$ и $T(f_i)$ независимо и параллельно

с другими узлами. Это позволяет масштабировать систему без увеличения времени обнаружения аномалий.

Техническая реализация параллельной обработки может быть основана на использовании встроенных вычислительных модулей или контроллеров, способных выполнять необходимые вычисления в реальном времени. При необходимости результаты вычислений могут передаваться на центральный сервер для дальнейшего анализа, однако основная обработка данных производится на уровне узлов.

Результаты и дискуссия

Для подтверждения эффективности предложенной модели было проведено симуляционное моделирование процесса розлива с внедрением механизмов детектирования и локализации неисправностей. В ходе моделирования были учтены реальные параметры производственного оборудования и технологического процесса.

Моделируемая линия розлива состоит из четырех основных узлов, каждый из которых выполняет строго определенную операцию. Все операции имеют свои параметры и важность для производственного процесса, что отражено в весовых коэффициентах. Ниже приведено детальное описание каждого узла и его функции.

Первый узел, выполняющий операцию дозирования, отвечает за наполнение тары жидкостью до определенного объема. Все операции является основополагающей для обеспечении необходимого уровня качества продукции, так как даже небольшие отклонения в дозировании могут существенно повлиять на конечный продукт. Для данной функции (f_1) были выбраны следующие параметры:

– средняя частота вызова $p_{\text{норм}}(f_1) = 0,98$, поскольку этот узел должен работать почти безотказно, чтобы обеспечить непрерывность и высокий уровень качества функционирования операции;

– среднее время выполнения $\mu(f_1) = 1,0$ с с стандартным отклонением $\sigma(f_1) = 0,05$ с, что отражает качество работы узла; такое время выполнения выбрано на основании типичного времени, необходимого для заполнения тары до необходимого уровня,

с минимальным разбросом, что обеспечивает консистентность дозирования;

– весовой коэффициент $w(f_1) = 1,0$, так как точность дозирования является критической для качества продукции.

Второй узел выполняет операцию укупорки, закрывая тару крышкой, что важно для обеспечения герметичности и защиты продукции. Надежность и правильность выполнения укупорки обеспечивают безопасность продукции на этапе хранения и транспортировки.

Для функции f_2 данного узла установлены следующие параметры:

– средняя частота вызова $p_{\text{норм}}(f_2) = 0,95$, что указывает на незначительно более низкую частоту успешного выполнения по сравнению с узлом дозирования;

– среднее время выполнения $\mu(f_2) = 1,5$ с со стандартным отклонением $\sigma(f_2) = 0,1$ с, отражающее допустимую вариативность;

– весовой коэффициент $w(f_2) = 0,9$, так как данная операция влияет на герметичность продукции, укупорка критически важна для герметичности, но имеет меньший весовой коэффициент по сравнению с дозированием, так как она оказывает меньшее влияние на фактический объем продукта в таре.

Третий узел осуществляет нанесение этикеток на тару. Эта операция не влияет напрямую на конечные потребительские свойства сырья, однако она критически важна для ее идентификации и соответствия стандартам маркировки. Параметры функции f_3 определены следующим образом:

– средняя частота вызова $p_{\text{норм}}(f_3) = 0,92$, что также указывает на незначительно более низкую частоту выполнения по сравнению с узлом дозирования, поскольку эта операция влияет не на саму продукцию, а только на внешний вид и информационные данные упаковки, в случае редких пропусков этикетирования продукция остается пригодной;

– среднее время выполнения $\mu(f_3) = 1,2$ с со стандартным отклонением $\sigma(f_3) = 0,08$ с, этикетирование занимает меньше времени, чем укупорка, и обычно варьируется в пределах небольшого диапазона, отраженного в значении стандартного отклонения;

– весовой коэффициент $w(f_3) = 0,85$, поскольку правильное этикетирование необходимо для презентации и информативности продукции.

Завершающий узел выполняет операцию упаковки тары для последующей транспортировки. Хотя данная операция завершает производственный процесс, от ее эффективности зависит общая производительность линии. Параметры функции f_4 заданы следующим образом:

– средняя частота вызова $p_{\text{норм}}(f_4) = 0,90$, что также указывает на незначительно более низкую частоту выполнения по сравнению с узлом дозирования;

– среднее время выполнения $\mu(f_4) = 1,8$ с со стандартным отклонением $\sigma(f_4) = 0,12$ с в силу того, что упаковка – самый длительный процесс среди операций на линии, так как он включает укладку и стабилизацию тары для последующей транспортировки, стандартное отклонение относительно высоко, отражая допустимую вариативность в работе этого узла;

– весовой коэффициент $w(f_4) = 0,8$, поскольку упаковка завершает процесс и оказывает меньшее влияние на качество самого продукта, ее весовой коэффициент несколько ниже, однако, учитывая ее важность для логистики, параметр остается достаточно высоким.

Цель симуляционной модели – выявить отклонения от нормального функционирования роботизированной линии розлива и оценить эффективность методов обнаружения аномалий.

Методология симуляции заключается в том, что для каждой операции (дозирование, укупорка, этикетирование и упаковка) модель генерирует данные, которые включают время выполнения функций и частоту вызова, основанные на нормальном распределении с параметрами, заданными для каждого узла.

При моделировании нормальных циклов работы данные для каждого узла создаются с использованием вероятностей вызова функций и среднего времени выполнения.

Для моделирования аномалий модель искусственно вводит отклонения в некоторых операциях, чтобы проверить, насколько точно система способна выявлять неисправности. Аномалии включают:

– пропуск функции (например, функция дозирования не выполняется, что вызывает отклонение);

– увеличение времени выполнения (например, время выполнения укупорки превышает норму).

Модель анализирует функционирование линии розлива, рассчитывая метрики отклонений для каждой операции. Метрики отклонений позволяют количественно оценить отклонения на уровне каждой функции.

Чтобы проверить модель, были разработаны два набора данных:

– нормальные циклы (1000 циклов), где все узлы работают в пределах допустимых значений;

– аномальные циклы (25 циклов), в которых присутствуют отклонения. Эти отклонения включают отсутствие вызова функций и увеличение времени выполнения.

Модель анализирует каждый цикл, вычисляя итоговую метрику отклонения для всех узлов. Если итоговая метрика отклонения $D_{\text{итог}}$ превышает пороговое значение $D_{\text{порог}}$, цикл считается аномальным и система фиксирует срабатывание выявления отклонения/аномалии.

Пороговое значение метрики отклонения $D_{\text{порог}}$ используемое для определения аномального состояния цикла, установлено на уровне 2,0.

Это значение было выбрано на основе анализа эмпирических данных и проведения предварительных тестов на моделируемой линии. Выбор порога ориентирован на минимизацию ложных срабатываний (false positives), сохраняя при этом высокую чувствительность к фактическим отклонениям.

При этом значение $D_{\text{порог}}$ может быть скорректировано в зависимости от особенностей конкретной производственной линии и ее требований к надежности.

В итоговой метрике отклонения используются коэффициенты $\alpha = 0,7$ и $\beta = 0,3$, отражающие значимость частотной и временной метрик отклонения соответственно. Выбор этих значений обусловлен высокой важностью временных характеристик для работы роботизированной линии розлива с номинальным уровнем качества функционирования ключевых операций. Коэффициент α установлен на уровне 0,7, чтобы частотная метрика оказала

большее влияние на итоговую метрику в случаях значительного отклонения частоты вызова функции, так как пропуски в вызове функции часто указывают на критические сбои. В то же время коэффициент β (0,3) позволяет учесть отклонения во времени выполнения функции, которые могут свидетельствовать о снижении производительности или появлении неполадок.

Для оценки адекватности разработанной модели будут использоваться следующие показатели:

– чувствительность (True Positive Rate – TPR), показывающая способность модели корректно выявлять аномальные циклы; она рассчитывается как отношение числа правильно определенных аномальных циклов к общему числу фактически аномальных циклов;

– специфичность (False Positive Rate – FPR), указывающая на вероятность ложного срабатывания модели, т. е. классификации нормального цикла как аномального; специфичность важна для минимизации ложных тревог, которые могут привести к ненужному вмешательству в работу линии.

Эти показатели позволят всесторонне оценить точность модели и ее пригодность для практического использования.

Для выполнения симуляционного моделирования и расчета метрик использовалась среда Python 3.12 с библиотеками NumPy версии 1.21 и Matplotlib версии 3.4. Выполнение моделирования и построение графиков организовано в Jupyter Notebook, что обеспечивает гибкость и удобство при обработке и анализе данных. Выбор этой среды обусловлен ее совместимостью с научными библиотеками Python и ее широким применением в инженерных исследованиях.

Основные параметры моделирования представлены в таблице. В ней отражены частоты вызова, средние значения времени выполнения и стандартные отклонения для каждой функции, а также весовые коэффициенты, которые учитывают значимость каждой операции в рамках производственного процесса. Эти параметры были выбраны с учетом надежности, важности и характеристик каждой операции, что позволяет модели точно отражать условия работы производственной линии и своевременно выявлять аномалии.

Параметры симуляционного моделирования
Parameters of simulation modeling

Узел	Операция ($f(o_i)$)	Средняя частота вызова $p_{\text{норм}}(f_i)$	Среднее время выполнения $\mu(f_2)$, с	Стандартное отклонение $\sigma(f_2)$, с	Весовой коэффициент $w(f_i)$
1	Дозирование	0,98	1,0	0,05	1,0
2	Укупорка	0,95	1,5	0,1	0,9
3	Этикетирование	0,92	1,2	0,08	0,85
4	Упаковка	0,90	1,8	0,12	0,8

Предложенная модель направлена на детектирование отклонений и неисправностей внутри производственной линии розлива в рамках заданных параметров. Тем не менее она обладает рядом ограничений:

- модель не учитывает возможные внешние воздействия (такие как изменения температуры или влажности), которые могут оказывать влияние на работу линии, в реальных условиях такие факторы могут приводить к сбоям, которые модель не сможет предсказать;
- модель ориентирована на наиболее вероятные отклонения, но может не учитывать редкие или уникальные виды сбоев, которые не подпадают под заданные закономерности;
- в случае увеличения числа узлов или функций текущие значения параметров могут потребовать корректировки, чтобы сохранить точность и чувствительность модели.

Эти аспекты необходимо учитывать при внедрении модели в производственные условия, так как ее точность и надежность могут зависеть от реальных условий эксплуатации.

На рис. 1–3 представлены ключевые результаты симуляции, включая распределение итоговой метрики отклонений для различных типов циклов, анализ ложных и истинных срабатываний, а также временные характеристики выполнения операций при возникновении отклонений. Эти графики помогают наглядно оценить качество модели и ее применимость для диагностики и предсказания сбоев в реальных производственных условиях.

На рис. 1 представлено распределение значений итоговой метрики отклонений $D_{\text{итог}}$ для нормальных и аномальных циклов производственного процесса. По оси абсцисс

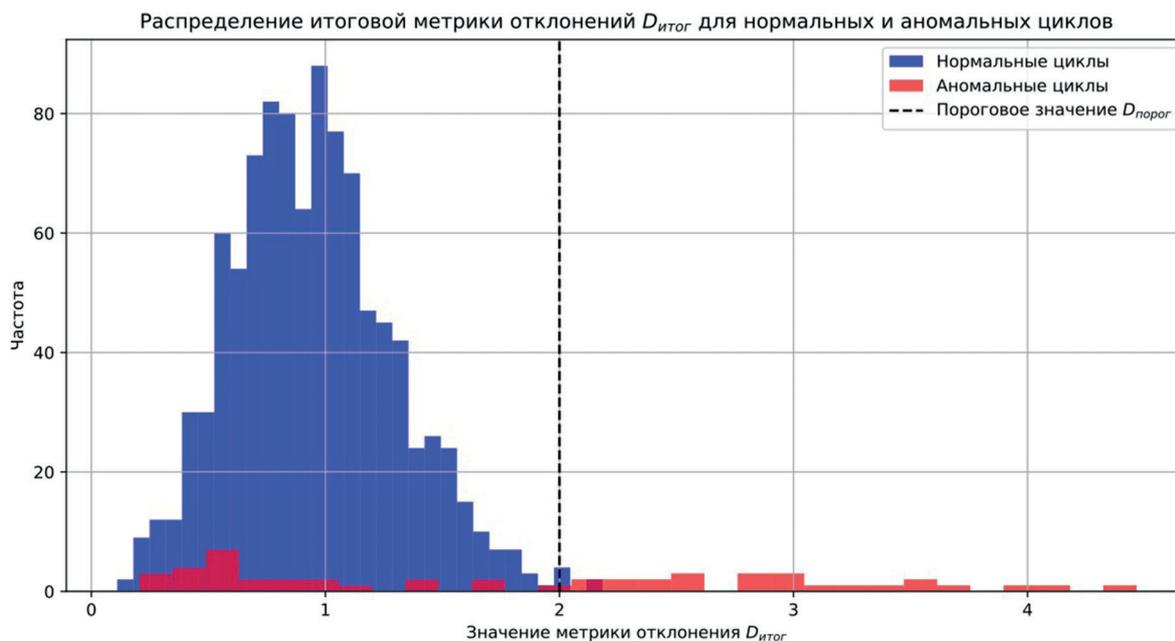


Рис. 1. Распределение значений итоговой метрики отклонений $D_{\text{итог}}$ для нормальных и аномальных циклов моделируемого производственного процесса роботизированной линии розлива

Fig. 1. Distribution of values of the final deviation metric D_{total} for normal and abnormal cycles of the simulated production process of a robotic filling line

отложены значения метрики $D_{\text{итог}}$, а по оси ординат – частота их возникновения.

На рис. 1 нормальные циклы, показанные в синем цвете, сгруппированы преимущественно в области низких значений метрики $D_{\text{итог}}$, что указывает на соответствие процесса установленным параметрам и отсутствие значительных отклонений. Аномальные циклы, выделенные красным цветом, имеют более высокие значения $D_{\text{итог}}$, что позволяет дифференцировать их от нормальных на основе метрики. Пороговое значение $D_{\text{порог}}$, обозначенное пунктирной линией, является граничным значением, превышение которого указывает на аномалию. Как видно из графика, большинство нормальных значений остаются ниже этого порога, в то время как аномальные циклы имеют значения, превышающие установленное пороговое значение.

На рис. 2 представлена гистограмма, отображающая количество ложных срабатываний (False Positive) и корректно выявленных аномалий (True Positive) в процессе симуляционного моделирования.

Ложные срабатывания (False Positive) составляют 5 случаев, что соответствует ситуации, когда нормальные циклы ошибочно

классифицированы как аномальные. Этот показатель свидетельствует о высокой специфичности модели и ограниченном числе ложных тревог, что минимизирует ненужное вмешательство в работу линии.

Корректно выявленные аномалии (True Positive) составляют 24 случая, что отражает способность модели точно определять отклонения и указывать на реальные аномальные состояния в процессе. Высокое значение этого показателя подтверждает высокую чувствительность модели.

На рис. 3 представлено распределение времени выполнения функций f_1 (дозирование), f_2 (укупорка), f_3 (этикетирование) и f_4 (упаковка) в аномальных циклах моделируемой производственной линии.

На рис. 3 функция f_1 (дозирование) показывает относительно устойчивое время выполнения с незначительными вариациями, что указывает на высокие показатели качества выполнения операции даже при аномальных циклах. Функция f_2 (укупорка) демонстрирует большой разброс времени выполнения, что может свидетельствовать о повышенной чувствительности к отклонениям в процессе укупорки. Функция f_3 (этикетирование)

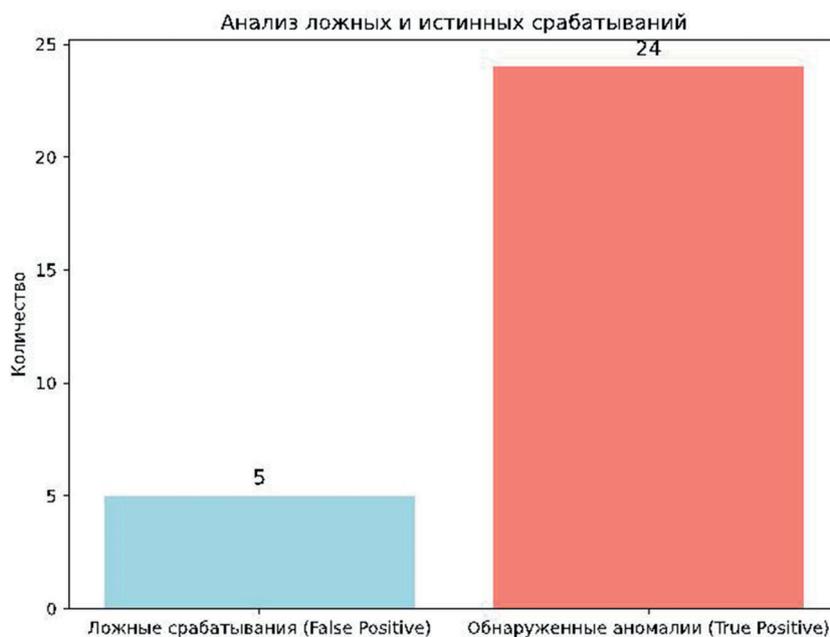


Рис. 2. Гистограмма ложных срабатываний и истинных аномалий, обнаруженных в ходе моделируемого производственного процесса роботизированной линии розлива

Fig. 2. Histogram of false positives and true anomalies detected during the simulated production process of a robotic filling line

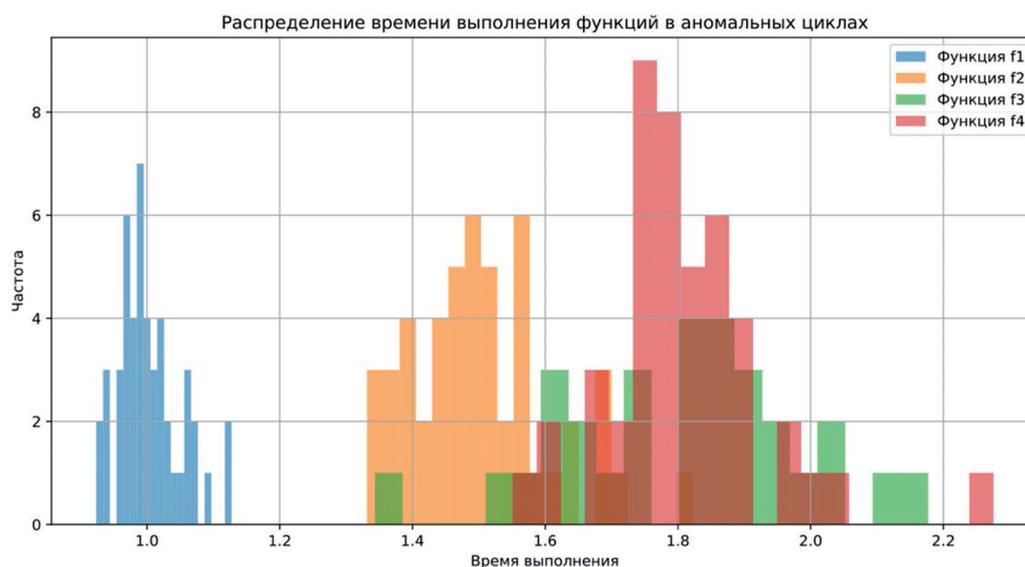


Рис. 3. Распределение времени выполнения операций в аномальных циклах для функций f_1 (дозирование), f_2 (укупорка), f_3 (этикетирование), f_4 (упаковка)

Fig. 3. Distribution of operation times in abnormal cycles for functions f_1 (dispensing), f_2 (capping), f_3 (labeling), f_4 (packaging)

рование) показывает вариативность времени выполнения в пределах от 1,0 до 1,8 с, что отражает возможные неполадки в операциях этикетирования в аномальных циклах. Функция f_4 (упаковка) также демонстрирует широкий диапазон времени выполнения, что характерно для финальной стадии производственного процесса. Увеличение времени выполнения этой операции может быть связано с накоплением незначительных отклонений на предыдущих этапах, что влияет на упаковку. Таким образом, распределение времени выполнения каждой функции позволяет оценить временные характеристики операций и выявить функции, наиболее подверженные влиянию аномальных состояний. Это помогает локализовать узлы, требующие более тщательного контроля в условиях отклонений от нормы.

Для оценки адекватности и точности разработанной модели были использованы следующие показатели:

- чувствительность (True Positive Rate – TPR) – показатель, который определяет способность модели правильно выявлять аномальные циклы, рассчитывается как отношение числа правильно обнаруженных аномальных циклов (True Positives) к общему числу фактически аномальных циклов;

- специфичность (True Negative Rate – TNR) – показатель, который рассчитывается как отношение числа правильно обнаруженных нормальных циклов (True Negatives) к общему числу фактически нормальных циклов;

- ложноположительный уровень (False Positive Rate – FPR) указывает на вероятность того, что модель ошибочно классифицирует нормальный цикл как аномальный и рассчитывается как отношение числа ложноположительных срабатываний (False Positives) к общему числу фактически нормальных циклов.

В результате этого количество правильно классифицированных нормальных циклов составило 99,5 %, а ложноположительный уровень составил 0,5 %. Это хорошие показатели, но они действительны только в условиях действующих ограничений модели, описанных выше.

При этом чувствительность модели оказалась в районе 96 % (всего за аномалии модель приняла 24 (+5 ложных) событий из 25 заданных в модель, на 1000 циклов), что указывает на то, что модель определяет значительную часть аномалий. Снижение порогового значения метрики отклонения может увеличить число корректно выявленных аномальных циклов, однако следует внимательно контролировать возможное увеличение количества ложных срабатываний. Важно найти оптимальный

баланс между чувствительностью и специфичностью модели, чтобы обеспечить надежное обнаружение аномалий без существенного роста числа ложных тревог.

Также рекомендуется пересматривать весовые коэффициенты α и β , определяющие вклад частотной и временной метрик в итоговую метрику отклонения на основании конкретного производственного процесса и исторических данных. Например, увеличение значения β может усилить влияние временных характеристик операций на итоговую метрику и повысить чувствительность модели к аномалиям, связанным с изменениями времени выполнения функций. Это особенно актуально для функций, показавших большую вариативность в аномальных циклах, таких как укупорка и этикетирование.

Заключение

В ходе проведенного исследования была разработана математическая модель для управления качеством функционирования роботизированных линий розлива, основанная на методах локализации неисправностей и контроля аномалий производственных процессов. Модель описывает производственный процесс как последовательность функций с вероятностными характеристиками и вводит метрики

отклонений для количественной оценки отклонений от нормального функционирования. Симуляционное моделирование, проведенное с использованием реальных параметров производственного оборудования и технологических процессов, подтвердило эффективность предложенной модели. Результаты показали, что модель обладает высокой специфичностью (99,5 %) и высокой чувствительностью (96 %) в выявлении аномальных циклов. Это свидетельствует о ее пригодности для практического применения в условиях реального производства.

Модель может быть интегрирована в существующие системы автоматизированного управления производством с использованием данных, собираемых с помощью датчиков и контроллеров на линии розлива. Для успешного внедрения модели рекомендуется провести начальную калибровку и настройку параметров на основе данных конкретного производства. Это включает определение пороговых значений метрик отклонений и установление весовых коэффициентов для функций. Обучение инженерно-технического персонала по интерпретации результатов и принятию решений на основе метрик также является важным шагом для эффективного применения модели.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лосев В. В., Калинин А. О. К вопросу развития гибких производственных систем // Информатика. Экономика. Управление. 2023. Т. 2, № 4. С. 0247–0256.
2. Щелкина И. А. Автоматизированная система контроля и управления линий по производству жидких или сыпучих продуктов как часть автоматизированной системы управления предприятием // Наукоедение (интернет-журн.). 2017. Т. 9, № 3 (40).
3. Voigt T., Flad S., Struss P. Model-based fault localization in bottling plants. Adv. Eng. Informatics. 2015. № 29. P. 101–114. DOI: 10.1016/j.aei.2014.09.007
4. Бадасян Т. С. Задача обнаружения аномалий в среде ML.Net // Наука, техника и образование. 2020. № 3 (67). С. 35–43. DOI: 10.24411/2312-8267-2020-10304
5. Линдигрин А. Н. Анализ специфики и проблематики процессов поиска аномалий в сетевых данных // Изв. Тульск. гос. ун-та. Технические науки. 2021. № 5. С. 304–309.
6. Reza Md. Multivariate Outlier Detection Using Independent Component Analysis // Science J. of Applied Mathematics and Statistics. 2015. Vol. 3, № 4. P. 171–176. DOI: 10.11648/j.sjams.20150304.11
7. Самигулина Г. А., Самигулин Т. И. Обзор современных подходов искусственного интеллекта для систем управления сложными объектами // Проблемы информатики. 2018. № 3 (40). С. 4–20.

8. Yu D., Chen C., Xu H. Intelligent Decision Making and Bionic Movement Control of Self-Organized Swarm // IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2021. Vol. 68, № 7. P. 6369–6378. DOI: 10.1109/TIE.2020.2998748
9. Артамонова О. С., Князева Е. А., Чурилов Г. Г. Эффективные практики визуального менеджмента в управлении качеством производства электрооборудования // Петерб. экон. журн. 2024. № 1. С. 7–15.
10. Visual Servoing System for Local Robot Control in a Flexible Assembly Line / D. Popescu, V. Mihai, J.-I.-R. Cojocaru et al. // 2020 28th Mediterranean Conf. on Control and Automation (MED). Saint-Raphaël, France, 2020. P. 927–932. DOI: 10.1109/MED48518.2020.9183096
11. Mehta D., Klarmann N. Autoencoder-Based Visual Anomaly Localization for Manufacturing Quality Control // Machine Learning and Knowledge Extraction. 2023. № 6 (1). P. 1–17. DOI: 10.3390/make6010001
12. Жилияков А. А. Роль искусственного интеллекта в улучшении предиктивных возможностей цифровых двойников для оптимизации технического обслуживания в промышленности // Endless light in science. 2023. С. 318–322.
13. Falekas G., Karlis A. Digital Twin in Electrical Machine Control and Predictive Maintenance: State-of-the-Art and Future Prospects // Energies. 2021. № 14 (18). P. 5933. DOI: 10.3390/en14185933
14. Применение эвристических алгоритмов в анализе данных для решения задачи диагностирования электроцентробежных насосных установок / Р. И. Валиахметов, В. У. Ямалиев, С. С. Шубин, А. В. Алфёров // Изв. Томск. политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329, № 2. С. 159–167.
15. Orvalho P., Janota M., Manquinho V. CFaults: Model-Based Diagnosis for Fault Localization in C Programs with Multiple Test Cases // arXiv preprint arXiv:2407.09337. 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2407.09337

Информация об авторе

Квас Евгений Станиславович – аспирант, старший преподаватель кафедры электро-механики и робототехники Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения (ГУАП) (адрес: 197000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А), ORCID: 0000-0001-5164-8454.

Статья поступила в редакцию 10.11.2024, принята к публикации после рецензирования 25.12.2024, опубликована онлайн 31.03.2025.

References

1. Losev V. V., Kalinin A. O. K voprosu razvitiya gibkikh proizvodstvennykh sistem [On the Issue of Developing Flexible Manufacturing Systems]. Informatika. Ekonomika. Upravlenie. 2023, vol. 2, no. 4, pp. 0247–0256. (In Russ.)
2. Shchelkina I. A. Avtomatizirovannaya sistema kontrolya i upravleniya linii po proizvodstvu zhidkikh ili sypuchikh produktov kak chast avtomatizirovannoy sistemy upravleniya predpriyatiem [Automated Control and Management System for Lines Producing Liquid or Bulk Products as Part of an Enterprise Management System]. Vestnik evraziyskoy nauki. 2017, vol. 9, no. 3 (40). (In Russ.)
3. Voigt T., Flad S., Struss P. Model-based fault localization in bottling plants. Adv. Eng. Informatics. 2015, no. 29, pp. 101–114. DOI: 10.1016/j.aei.2014.09.007
4. Badasyan T. S. Zadacha obnaruzheniya anomalii v srede ML.Net [The Problem of Anomaly Detection in the ML.Net Environment]. Nauka, tekhnika i obrazovanie. 2020, no. 3 (67), pp. 35–43. DOI: 10.24411/2312-8267-2020-10304 (In Russ.)

5. Lindigrin A. N. Analiz spetsifiki i problematiki protsessov poiska anomalii v setevykh dannykh [Analysis of Specifics and Problems in Network Data Anomaly Detection Processes]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. 2021, no. 5, pp. 304–309. (In Russ.)
6. Reza Md. Multivariate Outlier Detection Using Independent Component Analysis. *Science Journal of Applied Mathematics and Statistics*. 2015, vol. 3, iss. 4, pp. 171–176. DOI: 10.11648/j.sjams.20150304.11
7. Samigulina G. A., Samigulin T. I. Obzor sovremennykh podkhodov iskusstvennogo intellekta dlya sistem upravleniya slozhnymi ob'ektami [Overview of Modern Artificial Intelligence Approaches for Control Systems of Complex Objects]. *Problemy informatiki*, 2018, no. 3 (40), pp. 4–20. (In Russ.)
8. Yu D., Chen C., Xu H. Intelligent Decision Making and Bionic Movement Control of Self-Organized Swarm. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 2021, vol. 68, no. 7, pp. 6369–6378. DOI: 10.1109/TIE.2020.2998748
9. Artamonova O. S., Knyazeva E. A., Churilov G. G. Effektivnye praktiki vizual'nogo menedzhmenta v upravlenii kachestvom proizvodstva elektrooborudovaniya [Effective Practices of Visual Management in Quality Control of Electrical Equipment Production]. *Peterburgskiy ekonomicheskii zhurnal*. 2024, no. 1, pp. 7–15. (In Russ.)
10. Popescu D., Mihai V., Cojocaru J.-I.-R., Drăgana C., Ichim L. Visual Servoing System for Local Robot Control in a Flexible Assembly Line. 2020 28th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED). Saint-Raphaël, France, 2020, pp. 927–932. DOI: 10.1109/MED48518.2020.9183096.
11. Mehta D., Klarmann N. Autoencoder-Based Visual Anomaly Localization for Manufacturing Quality Control. *Machine Learning and Knowledge Extraction*. 2023, no. 6 (1), pp. 1–17. DOI: 10.3390/make6010001
12. Zhilyakov A. A. Rol' iskusstvennogo intellekta v uluchshenii prediktivnykh vozmozhnostey tsifrovyykh dvoynikov dlya optimizatsii tekhnicheskogo obsluzhivaniya v promyshlennosti [The Role of Artificial Intelligence in Enhancing Predictive Capabilities of Digital Twins for Industrial Maintenance Optimization]. *Endless Light in Science*. 2023, pp. 318–322. (In Russ.)
13. Falekas G., Karlis A. Digital Twin in Electrical Machine Control and Predictive Maintenance: State-of-the-Art and Future Prospects. *Energies*. 2021, no. 14 (18), p. 5963. DOI: 10.3390/en14185933
14. Valiakhmetov R. I., Yamaliev V. U., Shubin S. S., Alferov A. V. Primenenie evristicheskikh algoritmov v analize dannykh dlya resheniya zadachi diagnostirovaniya elektrotsentrobeznykh nasosnykh ustanovok [Application of Heuristic Algorithms in Data Analysis for Diagnosing Electrical Submersible Pump Units]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. 2018, vol. 329, no. 3, pp. 32–45. (In Russ.)
15. Orvalho P., Janota M., Manquinho V. CFaults: Model-Based Diagnosis for Fault Localization in C Programs with Multiple Test Cases. *arXiv preprint arXiv:2407.09337*. 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2407.09337

Information about the author

Evgeniy S. Kvas, post-graduate student, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation (address: 190000, Russia, Saint Petersburg, ul. Bolshaya Morskaya, 67 Lit. A), ORCID: 0000-0001-5164-8454.

The article was submitted on 10.11.2024, accepted for publication after reviewing on 25.12.2024, published online on 31.03.2025.

Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 42–53
St Petersburg Economic Journal. 2025, no. 1, pp. 42–53

Научная статья
УДК 62-192:658.511

НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

RELIABILITY OF ENGINEERING EQUIPMENT AS THE MANUFACTURING PROCESS EFFICIENCY FACTOR

А. В. Корниенко

инженер лаборатории «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация, kornienkoav1997@mail.ru

A. V. Kornienko

Engineer of Modeling of Technological Processes and Design of Power Equipment Laboratory, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russian Federation, kornienkoav1997@mail.ru

Е. Р. Мартынец

ведущий специалист отдела технологического и промышленного форсайта Передовой инженерной школы Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого «Цифровой инжиниринг», Санкт-Петербург, Российская Федерация, katya_martinets@inbox.ru

E. R. Martynets

Leading Specialist of Technological and Industrial Foresight Department, SPbPU School of Advanced Engineering Studies in Digital Engineering, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russian Federation, katya_martinets@inbox.ru

В. А. Левенцов

к.э.н., доцент, директор Института передовых производственных технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация, vlevantsov@spbstu.ru

V. A. Leventsov

PhD (Economics), Associate Professor, Director of the SPbPU Institute of Advanced Manufacturing Technologies, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russian Federation, vlevantsov@spbstu.ru

***Аннотация.** Макроэкономические и геополитические изменения требуют трансформации производственных систем. Производственный процесс на предприятии, ключевым элементом которого является технологическое оборудование, должен протекать в соответствии с принципами рациональности, оптимальности и высокого уровня стабильности. В связи с этим, а также по причине ряда недостатков классических подходов к анализу надежности оборудования авторами предложен усовершенствованный подход к определению вероятности отказа оборудования и безотказной работы, основанный на применении технологии цифровых двойников и проведении цифровых испытаний работы оборудования. Классический подход, основанный на сборе и обработке статистических данных, уступает современным методам моделирования технологических процессов по причине разрозненности данных, высоких требований к организации процессов сбора и обработки данных, дорогостоящих испытаний и влияния человеческого фактора. Технология цифровых двойников, в свою очередь, обеспечивает сбор необходимых данных в режиме реального времени с учетом критических зон оборудования, моделирование процессов его эксплуатации, высокоэффективное планирование*

© Корниенко А. В., Мартынец Е. Р., Левенцов В. А., 2024

технического обслуживания и ремонта оборудования, а также прогнозирование возможного выхода его из строя или наступление аварийных ситуаций. В связи с этим возможно повышение качества производственного процесса за счет обеспечения контроля надежности технологического оборудования, а также выполнение производственной программы в соответствии с политиками формирования технологического суверенитета и национальной безопасности.

Ключевые слова: технология цифровых двойников, производственный процесс, технологическое оборудование, надежность, отказ, организация производства, машиностроение, технологический суверенитет

Abstract. Macroeconomic and geopolitical changes require the transformation of production systems. Enterprise production process, the key element of which is engineering equipment, should proceed in accordance with the principles of rationality, optimality and a high level of stability. In this regard, as well as due to a number of disadvantages of classical approaches to the analysis of equipment reliability, the authors propose an improved approach to determining the probability of equipment failure and uptime, based on the use of digital twins technology and conducting digital tests of equipment operation. The classical approach based on the collection and processing of statistical data is inferior to modern methods of technological processes modeling due to the fragmentation of data, high requirements for the organization of data collection and processing, expensive tests and the influence of the human factor. Digital twin technology, in turn, provides the collection of necessary data in real time, taking into account critical areas of equipment, modeling of equipment operation processes, highly efficient planning of maintenance and repair of equipment, as well as forecasting the possible failure of equipment or the occurrence of emergency situations. In this regard, it is possible to improve the quality of the manufacturing process by ensuring the reliability of technological equipment, as well as the implementation of production programs in accordance with the policies of formation of technological sovereignty and national security.

Keywords: digital twin technology, production process, technological equipment, reliability, failure, production organization, mechanical engineering, technological sovereignty

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Введение, цель

В условиях геополитических изменений, формирующихся политических, экономических и технологических вызовов, трансформации логистического взаимодействия и масштабирования передовых цифровых технологий в рамках деятельности промышленных предприятий требуются новые подходы к производству высокотехнологичной продукции. В настоящий момент с целью обеспечения национальной безопасности и глобальной конкурентоспособности российской экономики рядом нормативно-правовых документов на государственном уровне введены показатели по уровню внедрения цифровых технологий на предприятиях, определены направления развития в части формирования импортозамещающего и импортоопережающего уклада, достижения технологического суверенитета

и импортонезависимости. Среди инициатив стратегического развития государства особо следует выделить национальный проект по развитию станкостроения, планируемый в рамках реализации и расширения стратегии развития станкоинструментальной промышленности на период до 2035 года [1–4].

Высокий уровень актуальности и значимости протекающей цифровой трансформации промышленности подразумевает повсеместную автоматизацию и совершенствование производственных процессов. В рамках цифровой трансформации происходят масштабные изменения функционирования как отдельных компаний, так и целых отраслей экономики, которые основаны на масштабном внедрении передовых цифровых и производственных технологий в существующие бизнес-процессы и бизнес-модели предприятия. В связи с этим

формируется потребность в совершенствовании управляющих процессов промышленных предприятий, которые позволят учесть все организационные изменения, связанные с реализацией этапов цифровой трансформации промышленности и влиянием макро- и микро-экономических факторов.

Управление технологическим процессом, составляющим основу производственного процесса, путем анализа и регулирования его точности (т. е. степени соответствия результатов установленным требованиям) и стабильности/устойчивости (т. е. свойства сохранять точность показателей качества при протекании процесса) – это процесс, направленный на обеспечение качества производственного цикла. Потенциальное качество, заложенное при проектировании производимой продукции, должно гарантированно обеспечиваться на стадии производства.

При этом в качестве основного ресурса производственного процесса можно выделить технологическое оборудование. Оборудование является комплексной системой узлов и агрегатов, которые имеют свойство изнашиваться, в связи с чем необходимо отслеживать уровень надежности как системы в целом, так и ее отдельных элементов. Отсутствие контроля за состоянием оборудования приводит к возникновению новых, «тонких» эффектов и изменению физических процессов, протекающих при эксплуатации оборудования, в связи с чем необходимо совершенствовать методы и подходы к оценке и обеспечению его надежности. Без надежного технологического оборудования и достаточной технологической оснащенности невозможно производить конкурентоспособную продукцию, особенно в условиях формирования технологического суверенитета.

Как указано в национальном стандарте ГОСТ Р 27.102–2021 «Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения» [5], наработка оборудования до первого отказа, его наработка между отказами, ресурс оборудования могут быть определены лишь после того, как наступил отказ или было достигнуто предельное состояние. Пока эти события не наступили, можно говорить лишь о

прогнозировании этих величин с большей или меньшей степенью достоверности. Ситуация осложнена тем, что безотказная наработка, ресурс, срок службы и срок сохраняемости зависят от большого количества факторов, часть которых не может быть проконтролирована, а другие заданы с той или иной степенью неопределенности.

Таким образом, на стабильность, надежность и устойчивость функционирования технологического оборудования напрямую влияет вероятность наступления отказа оборудования и выхода его из строя. Вследствие этого рекомендуется применять технологии компьютерного моделирования, проводить цифровые испытания эксплуатации технологического оборудования и использовать технологию его цифрового двойника. Это позволит предсказывать вероятность наступления отказа оборудования, тем самым повысится уровень его надежности и обеспечится бесперебойность и качество производственного процесса. Применение методов компьютерного моделирования будет способствовать отслеживанию всех изменений, вносимых в конструкцию оборудования или происходящих вследствие его эксплуатации, и мониторингу изменений, связанных с проведением ремонтных и обслуживающих работ.

Кроме того, выход оборудования из строя (отказ) может означать недостаточный уровень его надежности, заложенный на этапе формирования производственной системы. В связи с этим следует обеспечить комплексный подход к управлению надежностью, позволяющий выявить возможные причины возникновения отказов оборудования, и заранее обеспечить наибольший уровень его надежности, тем самым увеличить период безотказности системы и повысить вероятность изготовления продукции в установленный срок и с заданными характеристиками.

Гипотеза исследования заключается в том, что применение технологии цифрового двойника может повысить эффективность разработки изделия, отдалить момент наступления отказа оборудования, увеличив его ресурс и, соответственно, надежность всей производственной системы.

Технологическая оснащенность производства, нормирование показателей надежности и оценка достаточности того или иного уровня надежности технических объектов оказываются непосредственно связанными с проблемой обеспечения качества [6; 7]. Надежность определяется как свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования [8; 9]. Надежность является комплексным показателем, который в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать в себя безотказность, ремонтпригодность, восстанавливаемость, долговечность, сохраняемость, готовность или определенные сочетания этих свойств.

Источниками информации о надежности систем являются расчеты при их проектировании, различные виды стендовых и полигонных испытаний, статистические данные предприятий об отказах конструктивных элементов, характере и причинах их возникновения, наработках до предельного состояния и других показателях эксплуатационной надежности. На начальной стадии создания системы основным источником сведений об уровне ожидаемой надежности являются результаты конструкторских расчетов и статистические данные о его аналогах.

Комплексное управление надежностью поможет выявить, а затем и устранить причины нарушения работоспособного состояния оборудования, а также обнаружить отказ прежде, чем он приведет к поломке или аварии, и заранее обеспечить наибольший уровень надежности оборудования, тем самым увеличив период безотказной работы системы.

В число методов, которые используются при решении задач обслуживания оборудования, входит анализ видов, последствий и критичности отказов (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis – FMECA) [10]. Целью внедрения FMECA является постоянное совершенствование продуктов, процессов, надежности, безопасности и сокращение гарантийных обязательств. FMECA наряду с другими инструментами обеспечения качества способствует

предотвращению проблем и непрерывному совершенствованию, которые являются ключевыми элементами всеобщего управления качеством (Total Quality Management – TQM). В последнее время все больше отраслей промышленности используют процедуру FMECA для повышения эффективности процессов проектирования, производства и технического обслуживания. Однако данный метод позволяет судить о надежности системы на основании уже накопленной информации об отказах, другими словами, FMECA следует применять совместно с превентивными инструментами, позволяющими прогнозировать наступление отказа.

При этом в современной литературе по организации производства только начинают появляться исследования, связанные с комплексным изучением процессов внедрения цифрового двойника на этапах производства изделий, в малой степени освещены вопросы применения компьютерных методов для производственных процессов и отсутствуют современные методы и подходы к обеспечению надежности технологического оборудования с применением технологии цифровых двойников.

В связи с этим актуальными становятся научно обоснованные методологические и организационно-управленческие подходы к эффективному осуществлению производственной деятельности за счет применения передовых цифровых технологий: необходимо совершенствование методов и подходов, применяемых промышленными предприятиями в целях повышения операционной эффективности деятельности, учета всех стратегических и организационных изменений рынка, проведения цифровой трансформации промышленности и др.

Использование цифровых двойников способствует улучшению качества процессов производства, увеличению эффективности проводимых цифровых (виртуальных) испытаний [11–15; 19]. Цифровой двойник выступает инструментом для формирования единой информационной системы между всеми элементами предприятия, моделирования поведения оборудования, проектирования и налаживания производственной системы и др. Цифровой двойник оборудования позволит оценить его состояние и вовремя отреагировать на по-

тенциальное изменение в поведении оборудования, другими словами, цифровой двойник позволит избежать наступления критической поломки оборудования и выхода его из строя.

Научной проблемой, на решение которой направлено настоящее исследование, выступает создание необходимых организационно-технических условий в рамках деятельности организаций по достижению технологического суверенитета для совершенствования процессов производственной системы с учетом внедрения технологии цифровых двойников.

Цель исследования – совершенствование классического подхода к определению надежности оборудования за счет внедрения технологии цифровых двойников в системы мониторинга состояния оборудования высокотехнологичных производств. Задачи исследования включали анализ классического подхода к определению надежности оборудования, выявление потенциальных возможностей внедрения технологии цифровых двойников в систему мониторинга состояния оборудования, разработку модели определения его надежности с учетом применения цифровых двойников.

Методы исследования

Достижение вышеуказанных задач и разработка предлагаемого научного подхода возможны за счет применения следующих методов исследования:

- проблемно-аналитические методы для определения объекта, предмета, формирования понятийного аппарата и др.;

- методы системного анализа и структурирования;

- методы сравнения и аналогии;

- индуктивно-дедуктивный метод;

- методы оптимизации;

- методы визуализации результатов;

- другие общенаучные методы.

Теоретико-методологическая основа исследования базируется на следующих материалах:

1. Система стандартов «Надежность в технике», национальный стандарт ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения» и другие нормативно-технические документы.

2. Публикации и результаты международных и отечественных научных, аналитических и прикладных исследований, посвященные в частности:

- вопросам организации производственных систем на разных стадиях жизненного цикла;

- концептуальным положениям теории, проблемам и принципам повышения устойчивости и надежности технических систем и технологического оборудования;

- практикоориентированным подходам к разработке и применению цифровых двойников и др.

В ходе исследования был проведен обзор научных работ, анализ мнений отраслевых экспертов, полученных при опросе представителей высокотехнологичной промышленности, а также анализ бенчмарков и лучших практик организации систем управления производством. На основе изученных материалов, а также авторского анализа предложена новая, усовершенствованная модель определения надежности оборудования. В рамках данной статьи кратко представлены результаты проведенного исследования.

Результаты и дискуссия

Среди факторов качества производственных процессов в рамках исследования наибольшее значение следует присвоить технологическому оборудованию по ряду причин:

- увеличение тенденций, связанных с роботизацией и повышением автономности производственных линий и заводов в целом (в том числе снижение количества персонала и взаимозависимое повышение количества оборудования);

- производство очевидно направлено на реализацию процесса изготовления, в связи с этим оборудование – важный производственный фактор;

- высокая стоимость простоев (согласно статистике, для крупных предприятий стоимость простоя в 2022 г. составляла от 200 000 до 775 000 рублей в минуту [16]);

- работоспособность оборудования, которая определяет эффективность и производительность других факторов и процессов производства, включая работу персонала с оборудованием в процессе производства,

требуемые навыки, применяемые для производства и работы оборудования ресурсы и технологии, а также необходимость формирования организационной, производственной и экономической системы предприятия и др.

Таким образом, первичная потребность производства заключается в стабильной работе оборудования. Как уже было рассмотрено, традиционно к определению надежности подходят с точки зрения статистического анализа: предприятие накапливает информацию о работе оборудования, отказах, изменениях в конструкции и системах, изменениях состояния, проводимых ремонтах и процедурах технического обслуживания и др. Так, под отказом (Failure) понимают событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта (согласно ГОСТ Р 27.102–2021) [5]. В свою очередь, обратный показатель отказам – это безотказность, т. е. свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.

На основе данных об отказах, полученных из опыта или эксплуатации, вероятность безотказной работы $P(t)$ определяется статистической оценкой по следующей формуле [7]:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (1)$$

где N_0 – общее число однотипных объектов (элементов), поставленных на испытания (находящихся под контролем); при этом важно, что во время испытаний отказавший объект не восстанавливается и не заменяется исправным; $n(t)$ – число отказавших объектов за время t .

Статистическая оценка вероятности отказа $Q(t)$ определяется в свою очередь обратной формулой:

$$Q(t) = 1 - \frac{N_0 - n(t)}{N_0} = \frac{n(t)}{N_0}. \quad (2)$$

Отсутствие полных сведений о процессах и объектах в окружающей среде определяет вероятностный характер отказов, т. е. отказ – явление детерминированное, но происходит он в случайный момент времени. Поэтому основным математическим аппаратом теории надежности является теория вероятностей и математическая статистика.

Классический (традиционный) подход к определению надежности можно представить как оценку вероятности наступления отказа $Q_0(t)$ оборудования и вероятности его безотказной работы $P_0(t)$ (рис. 1).

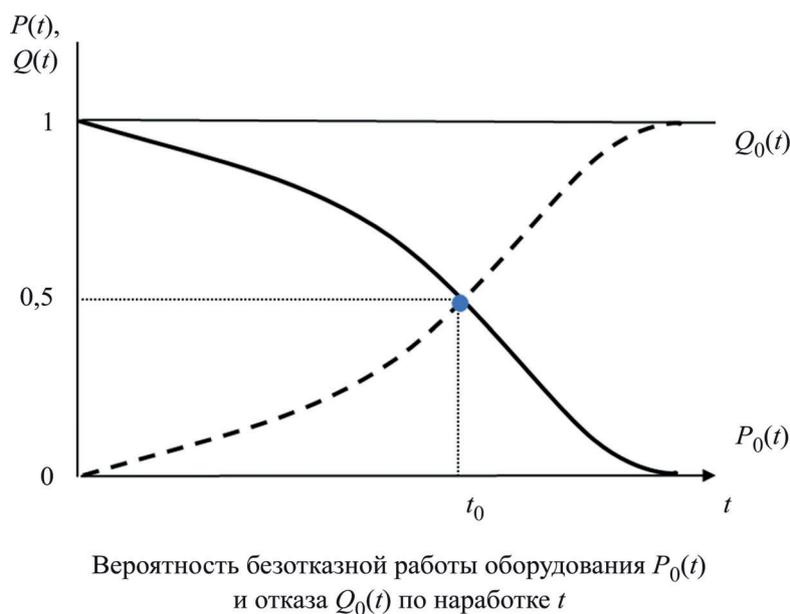


Рис. 1. Классический подход к определению вероятности безотказной работы и отказа оборудования

Fig. 1. A classic approach to determining the probability of uptime and equipment failure

Источник: по материалам [7].

Source: based on [7].

Представленный классический подход имеет ряд некоторых ограничений, значимость которых усиливается для высокотехнологичных и наукоемких предприятий. Среди ограничений представленной теории можно выделить, в частности, следующие:

1. Накопленная статистика отказов оборудования, как правило, не учитывает особенностей технологических процессов при эксплуатации оборудования и не имеет отраслевой специфики.

2. Накопленная статистика состоит, как правило, из неполных, разрозненных данных, что объясняется отсутствием данных от производителя, а также необходимостью анализа длительного периода работы оборудования, иногда десятков лет.

3. На предприятии может быть неэффективно организована или в критичном случае может отсутствовать служба главного механика, в задачи которой входит в том числе сбор (генерация), обработка и анализ статистических данных об отказах оборудования.

4. Генерация данных по статистике отказов оборудования имеет ограничения, связанные с необходимостью проведения его испытаний в разных режимах эксплуатации, что не является целесообразным в условиях полной загрузки предприятия.

5. Обработка статистических данных может приводить к ошибкам или неточностям, вызванным человеческим фактором и особенностями компетенций персонала.

6. Проведение испытаний оборудования вне плановой работы предприятия является дорогостоящим процессом, требующим привлечения дополнительного персонала и ресурсов.

7. Проведение испытаний и генерация данных об отказах оборудования – длительный процесс, в связи с чем сбор статистических данных проводится, как правило, для находящихся в эксплуатации объектов. Для новых типов оборудования данные об отказах отсутствуют или декларируются производителем, что в некоторых случаях не соответствует объективной реальности.

8. Накопленная статистика отказов не учитывает моральный и физический износ оборудования, проведенные ремонты и техническое

обслуживание, в том числе замену деталей или внесение других изменений в подсистемы оборудования.

Для обеспечения высоких показателей надежности и безопасности требуется проведение тщательного «надежностного» анализа систем с учетом характеристик контроля, одной из важнейших таких характеристик является полнота контроля [17]. Таким образом, принципиально важным является внедрение технологий и инструментов, которые будут способствовать повышению эффективности работы оборудования. К числу таких инструментов относится технология разработки цифровых двойников, при этом цифровые (виртуальные) испытания выступают неотъемлемой частью технологии цифровых двойников [18]. Благодаря проведению испытаний в цифровом пространстве инженеры-технологи, операторы оборудования и другой инженерно-технический персонал могут многократно проводить проверки и заранее просчитывать поведение машины, возникновение возможных отказов, моделируя с минимальными финансовыми затратами различные условия эксплуатации, в том числе более сложные, чем в жизни, процессы. Цифровые (виртуальные) испытания проводятся для каждого типа оборудования, а цифровые (виртуальные) стенды и полигоны, в свою очередь, позволяют провести испытания во всех возможных для моделирования условиях, например, для определения вибрационных, аэродинамических, прочностных и прочих характеристик.

Так, внедрение технологии цифровых двойников в систему мониторинга за состоянием оборудования позволит увеличить длительность периода между отказами оборудования, что наглядно продемонстрировано на модели определения отказов оборудования и безотказной работы с учетом применения передовых цифровых и производственных технологий, что составляет основу предлагаемого усовершенствованного подхода и подтверждает эффективность технологии цифровых двойников в промышленности (рис. 2).

На представленной модели количество отказов оборудования $n(t) \rightarrow \min$ за период времени, равный t . При этом $t \rightarrow \max$ при стабильном (не увеличивающемся) количе-

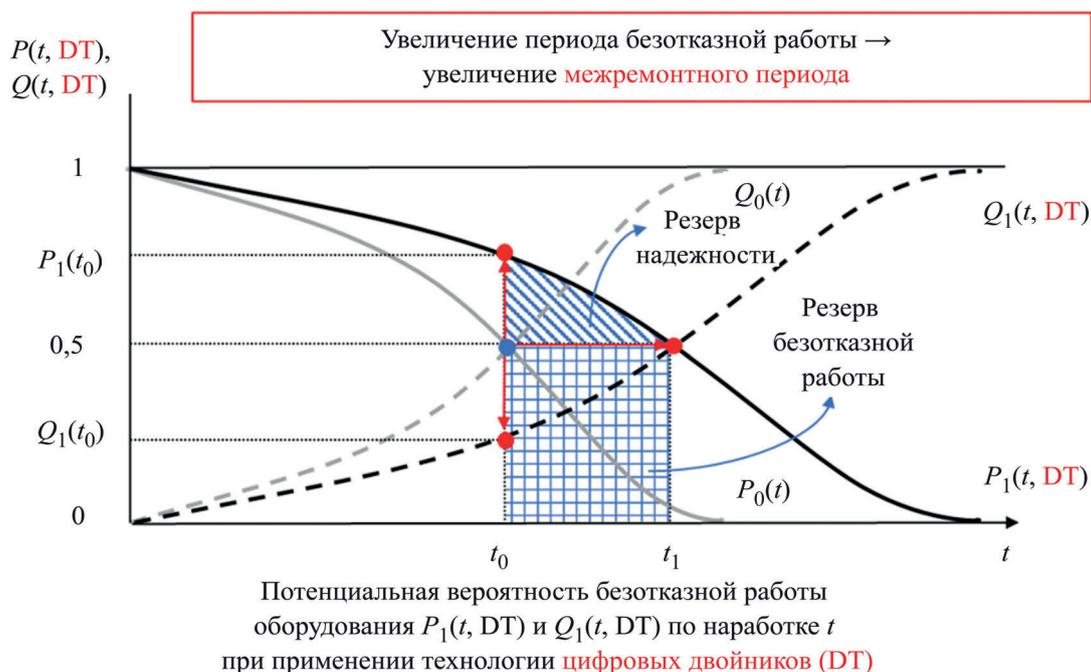


Рис. 2. Модель усовершенствованного подхода к определению вероятности безотказной работы и отказа оборудования с применением технологии цифровых двойников

Fig. 2. A model of an improved approach to determining the probability of uptime and equipment failure using digital twin technology

Источник: составлено авторами.

Source: made by the authors.

стве отказов оборудования $n(t)$. Длительность межремонтного периода t_0 увеличивается до значения t_1 , если:

- 1) количество отказов $n(t)$ за период t снижается или остается таким же;
- 2) проводится моделирование работы оборудования, за счет чего прогнозируется выход оборудования из строя или нарушение нормальных режимов работы;
- 3) в процессе анализа производительности оборудования учитываются все изменения, проходящие с оборудованием, включая установку новых деталей и других элементов, длительность простоев, остановы и т. д.;
- 4) определены критические зоны, в которых критически важно отслеживать состояние оборудования, т. е. зоны, в которых нарушение нормальных режимов работы оборудования вызывает «тонкие» эффекты и приводит к опасным аварийным ситуациям или остановам;
- 5) отслеживается состояние оборудования в режиме реального времени, вовремя возникают предупреждающие сигналы и оповещения о некорректной работе оборудования,

нарушениях нормальных режимов работы, потенциальных аварийных ситуациях.

Если отказ оборудования происходит в период t_1 , можно свидетельствовать об увеличении вероятности безотказной работы, т. е. $P_1(t_0) > P_0(t_0)$, $P_0(t_0) = 0,5$. Таким образом формируется резерв надежности, когда вероятность безотказной работы оборудования в момент времени периода $(t_0; t_1)$ оценивается выше 50 % ($P_1(t_0) > 0,5$). Вероятность наступления отказа, наоборот, уменьшается, т. е. $Q_1(t_0) < Q_0(t_0)$, $Q_0(t_0) = P_0(t_0) = 0,5$. Аналогично возникает резерв безотказной работы, когда вероятность выхода оборудования из строя составляет меньше 50 % ($Q_1(t_0) < 0,5$) на протяжении периода t_1 , который дольше, чем t_0 .

Перечисленное способствует увеличению длительности безотказной работы оборудования, поскольку наступление события, из-за которого оборудование выйдет из строя и потребуется ремонт или техническое обслуживание, переносится на более поздний период.

Таким образом, усовершенствованная модель определения вероятности отказа и

безотказной работы учитывает внедрение передовых цифровых и производственных технологий, применение цифровых двойников для проведения высокоэффективного анализа надежности оборудования и повышения эффективности производственной системы, что напрямую способствует увеличению качества производственных процессов. Уменьшение количества отказов оборудования за конкретный период времени напрямую влияет на повышение длительности межремонтного цикла и тем самым обеспечивает надежность оборудования и всей производственной системы.

Заключение

Повышение эффективности производственных процессов, по мнению отраслевых экспертов, возможно для любых типов предприятия любого уровня технологичности (с точки зрения вида оборудования и даты ввода оборудования в эксплуатацию), поскольку современные аппаратные и программные решения позволяют объединять элементы производственной системы, в том числе оборудование, в единое цифровое пространство. Учитывая средний «возраст» отечественных высокотехнологичных предприятий, а также стоящие перед ними задачи и потребность в короткий срок развернуть, наладить и развить производство критически важной продукции, принципиальным является получение и анализ достоверной актуальной информации о состоянии производства для предприятий, не оснащенных современным высокотехнологичным оборудованием.

Поставленная в исследовании цель, направленная на совершенствование подходов к определению надежности оборудования, достигнута. В статье представлена усовершенствованная модель определения надежности с учетом применения технологии разработки цифровых двойников. Внедрение разработанных методологий в деятельность предприятий промышленности будет способствовать обеспечению высокого уровня цифровой трансформации целых отраслей, что является существенным для предприятий общего машиностроения. Наибольшая

эффективность разрабатываемых методов возможна в регионах, имеющих системообразующие предприятия промышленности. Это позволит повысить уровень качества производственных процессов, снизить сроки и стоимость вывода продукции на рынок за счет внедрения технологии цифровых двойников на этапы разработки и производства изделий, повысить эффективность технического обслуживания и ремонта.

Результативность и получение экономических и технологических эффектов от организации системы контроля за надежностью оборудования в полной мере зависит от корректности этапов по совершенствованию производственной системы: первоначально необходимо обозначить задачи проекта, наладить систему контроля за некоторой частью оборудования, определить имеющиеся критические зоны и затем перейти к полномасштабному развертыванию системы контроля. Детальное описание этапов совершенствования производственной системы в рамках повышения надежности оборудования, а также аспекты развития терминологии с учетом внедрения передовых цифровых и производственных технологий в рамках концепции организации производства будут представлены в следующих работах и исследованиях.

Совокупность полученных результатов позволит сформировать научно-технический задел для развития теоретических и практических механизмов обеспечения надежности производственных процессов и технологической инфраструктуры предприятий, совершенствования подходов к организации технического обслуживания на производстве, перехода на современный этап в обеспечении производительности технологического оборудования за счет применения цифровых инструментов. Достижение планируемых результатов исследования обеспечит повышение качества процессов отечественных предприятий машиностроения, что напрямую направлено на реализацию программ технологического развития Российской Федерации и формирование технологической самостоятельности государства, импортозамещение и обеспечение национальной безопасности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 5 ноября 2020 г. № 2869-р «Стратегия развития станкоинструментальной промышленности на период до 2035 года». URL: <http://static.government.ru/media/files/NyeLKqLhrJrydnGRBm39nH10hJN OzHzQ.pdf> (дата обращения: 09.07.2024).
2. Правительство планирует расширить программу развития станкоинструментальной промышленности и робототехники до национального проекта | Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. URL: <https://ac.gov.ru/news/page/pravitelstvo-planiruet-rassirit-programmu-razvitia-stankoinstrumentalnoj-promyslennosti-i-robototehniki-do-nacionalnogo-proekta-27821> (дата обращения: 09.07.2024).
3. На национальный проект по робототехнике и станкостроению дают 300 млрд рублей – Ведомости. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2024/06/11/1043378-natsproekt-robototehnike-300> (дата обращения: 09.07.2024).
4. Российская газета. Россия активизирует создание собственных станков и оборудования. Торгово-промышленная палата Российской Федерации. URL: <https://news.tpprf.ru/gu/media/5827932/> (дата обращения: 09.07.2024).
5. ГОСТ Р 27.102–2021. Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/75917/> (дата обращения: 10.07.2024).
6. Системный анализ, управление и обработка информации / В. М. Еськов, А. А. Хардарцев, М. А. Филатов и др. Тула: ТулГУ, 2015. Ч. XII. 232 с.
7. Systems Reliability: Statistical Analysis And Applications / L. Papic, Yu. Klochkov, J. Aronov, A. Gazizulina. Prijedor – Сасак: DQM Research Center, 2022. 174 с.
8. ГОСТ 27.002–89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/11290> (дата обращения: 10.07.2024).
9. ГОСТ 27.002–2015. Надежность в технике. Термины и определения. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/62713/> (дата обращения: 03.07.2024).
10. Папич Л. Интегрирование проектирования и обслуживания техники с использованием нового подхода в инженерных основах жизненного цикла // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2004. № 3. С. 6–10.
11. ГОСТ Р 57700.37–2021 Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения. URL: <https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=241313> (дата обращения: 01.07.2024).
12. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности / А. И. Боровков, Ю. А. Рябов, Л. А. Щербина и др. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022.
13. Корниенко А. В., Мартынец Е. Р., Левенцов В. А. Совершенствование наукоемкого производства с использованием системы комплексных технологических решений // Передовые производственные технологии: компьютерные (суперкомпьютерные) технологии и организация наукоемких производств: сб. тез. докл. Национ. науч.-практ. конф. с междунар. уч., Санкт-Петербург, 27 мая 2022 г. / СПбПУ. Санкт-Петербург, 2022. С. 22–29.
14. Корниенко А. В., Левенцов В. А. Цифровой двойник как инструмент проектирования производства // Устойчивое развитие цифровой экономики, промышленности и инновационных систем: сб. тр. науч.-практ. конф. с зарубеж. уч., Санкт-Петербург, 20–21 нояб. 2020 г. / СПбПУ. Санкт-Петербург, 2020. С. 624–628.
15. Мартынец Е. Р., Корниенко А. В., Левенцов В. А. Система комплексных технологических решений с применением цифровых двойников производства // Горизонты экономики. 2022. № 6 (72). С. 68–74.
16. Расчет стоимости простоя | Atlassian. URL: <https://www.atlassian.com/ru/incident-management/kpis/cost-of-downtime> (дата обращения: 01.07.2024).
17. Викторова В. С., Степанянц А. С. Модели и методы расчета надежности технических систем. 2-е изд., испр. М.: ЛЕНАНД, 2016. 256 с.
18. Мартынец Е. Р., Корниенко А. В., Левенцов В. А. Универсальная матрица требований, целевых показателей и ресурсных ограничений при проектировании наукоемкого производства // Передовые производственные технологии: компьютерные

(суперкомпьютерные) технологии и организация наукоемких производств: сб. тез. докл. Национ. науч.-практ. конф. с междунар. уч., Санкт-Петербург, 27 мая 2022 г. / СПбПУ. Санкт-Петербург, 2022. С. 111–119.

19. Гракун А. А. Новые подходы к оценке общей эффективности оборудования // Петерб. экон. журн. 2024. № 3. С. 5–14.

Информация об авторах

Корниенко Александр Владимирович – аспирант, инженер лаборатории «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (адрес: 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, лит. Б), ORCID: 0000-0002-2172-6295, SPIN-код автора: 4928-9927.

Мартынец Екатерина Романовна – аспирант, ведущий специалист отдела технологического и промышленного форсайта Передовой инженерной школы СПбПУ «Цифровой инжиниринг» (адрес: 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, лит. Б), ORCID: 0000-0001-8796-0917, SPIN-код автора: 6494-1580.

Левенцов Валерий Александрович – к.э.н., доцент, директор Института передовых производственных технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (адрес: 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, лит. Б), ORCID: 0000-0002-5282-7208, SPIN-код автора: 9877-2733.

Статья поступила в редакцию 03.09.2024, принята к публикации после рецензирования 30.11.2024, опубликована онлайн 31.03.2025.

References

1. Decree of the Government of the Russian Federation No. 2869-r dated November 5, 2020 «Strategy for the development of the machine tool industry for the period up to 2035». URL: <http://static.government.ru/media/files/NyeLKqLhrJrydnGRBm39nHl0hJNOzHzQ.pdf> (accessed: 09.07.2024). (In Russ.)
2. The Government plans to expand the program for the development of the machine tool industry and robotics to a national project | Analytical Center under the Government of the Russian Federation. URL: <https://ac.gov.ru/news/page/pravitelstvo-planiruet-rassirit-programmu-razvitia-stankoinstrumentalnoj-promyslennosti-i-robototekhniki-donatsionalnogo-proekta-27821> (accessed: 09.07.2024). (In Russ.)
3. 300 billion rubles are given for the national project on robotics and machine tool construction – Vedomosti. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2024/06/11/1043378-natsproekt-robototekhnike-300> (accessed: 09.07.2024). (In Russ.)
4. Russian Paper. Russia is stepping up the creation of its own machines and equipment. Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation. URL: <https://news.tpprf.ru/ru/media/5827932/> (accessed: 09.07.2024). (In Russ.)
5. GOST R 27.102–2021 Reliability in engineering. The reliability of the object. Terms and definitions. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/75917/> (accessed: 10.07.2024). (In Russ.)
6. Eskov V. M., Khadartsev A. A., Filatov M. A. et al. System analysis, management and information processing. Pt. XII. Tula, Tula State University, 2015, 232 p.
7. Papic L., Klochkov Yu., Aronov J., Gazizulina A. Systems Reliability: Statistical Analysis And Applications. Prijevor – Cacak, DQM Research Center, 2022, 174 p.
8. GOST 27.002–89. Reliability in engineering. Basic concepts. Terms and definitions. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/11290> (accessed: 10.07.2024). (In Russ.)
9. GOST 27.002–2015. Reliability in engineering. Terms and definitions. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/62713/> (accessed: 03.07.2024). (In Russ.)
10. Papic L. Integration of engineering design and maintenance with the use of a new approach in the engineering foundations of the life cycle. Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii [Problems of machine building and automation]. 2004, no. 3, pp. 6–10. (In Russ.)

11. GOST R 57700.37–2021. Computer models and modeling. Digital twins of products. General provisions. URL: <https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=241313> (accessed: 01.07.2024). (In Russ.)
12. Borovkov A. I., Ryabov Yu. A., Shcherbina L. A., Martynets E. R. et al. Tsifrovye dvoyniki v vysokotekhnologichnoi promyshlennosti [Digital twins in high-tech industry : monograph]. SPb., POLYTECH-PRESS, 2022, 492 p.
13. Kornienko A. V., Martynets E. R., Leventsov V. A. Sovershenstvovanie naukoemkogo proizvodstva s ispol'zovaniem sistemy kompleksnykh tekhnologicheskikh reshenii [Improving high-tech manufacturing using a system of integrated technological solutions]. Advanced manufacturing technologies: computer (supercomputer) technologies and organization of high-tech industries: Collection of abstracts of the National scientific and practical conference with international participation, St Petersburg, 27 May 2022. SPbPU, St Petersburg, 2022, pp. 22–29.
14. Kornienko A. V., Leventsov V. A. Tsifrovoy dvoynik kak instrument proektirovaniya proizvodstva [Digital twin as a tool for manufacturing design]. Sustainable development of digital economy, industry and innovative systems: proceedings of a scientific and practical conference with foreign participation, St Petersburg, 20–21 November, 2020. SPbPU, St Petersburg, 2020, pp. 624–628
15. Martynets E. R., Kornienko A. V., Leventsov V. A. Sistema kompleksnykh tekhnologicheskikh reshenii s primeneniem tsifrovyykh dvoynikov proizvodstva [The system of complex technological solutions using digital twins of manufacturing]. Horizons of economics. 2022, no. 6 (72), pp. 68–74.
16. Calculation of the cost of downtime | Atlassian. URL: <https://www.atlassian.com/ru/incident-management/kpis/cost-of-downtime> (accessed: 01.07.2024). (In Russ.)
17. Viktorova V. S., Stepanyants A. S. Modeli i metody rascheta nadezhnosti tekhnicheskikh sistem [Models and methods for calculating the reliability of technical systems]. Ed. 2nd, ispr. M., LENAND, 2016, 256 p. (In Russ.)
18. Martynets E. R., Kornienko A. V., Leventsov V. A. Universal'naya matritsa trebovaniy, tselevykh pokazatelei i resursnykh ogranicheniy pri proektirovanii naukoemkogo proizvodstva [Universal matrix of requirements, targets and resource constraints in the design of high-tech manufacturing]. Advanced manufacturing technologies: computer (super-computer) technologies and the organization of high-tech industries: A collection of abstracts of the National Scientific and Practical Conference with international participation, St Petersburg, 27 May, 2022. SPbPU, St Petersburg, 2022, pp. 111–119.
19. Grakun A. A. New approaches to assessing the overall efficiency of equipment. St Petersburg Economic Journal. 2024, no. 3, pp. 5–14.

Information about the authors

Alexandr V. Kornienko, post-graduate student, engineer of Modeling of technological processes and design of power equipment laboratory, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University (address: 195251, Russia, Saint Petersburg, Politechnicheskaya St., 29, lit. B), ORCID: 0000-0002-2172-6295, SPIN-code of author: 4928-9927.

Ekaterina R. Martynets, post-graduate student, leading specialist of Technological and Industrial Foresight Department, SPbPU School of Advanced Engineering Studies in Digital Engineering, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University (address: 195251, Russia, Saint Petersburg, Politechnicheskaya St., 29, lit. B), ORCID: 0000-0001-8796-0917, SPIN- code of author: 6494-1580.

Valery A. Leventsov, PhD (Economics), associate professor, director of the SPbPU Institute of Advanced Manufacturing Technologies, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University (address: 195251, Russia, Saint Petersburg, Politechnicheskaya St., 29, lit. B), ORCID: 0000-0002-5282-7208, SPIN- code of author: 9877-2733.

The article was submitted on 03.09.2024, accepted for publication after reviewing on 30.11.2024, published online on 31.03.2025.

Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 54–66
St Petersburg Economic Journal. 2025, no. 1, pp. 54–66

Научная статья
УДК 338

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЛАТЕЖНОГО БАЛАНСА

ASSESSMENT OF RUSSIA'S ECONOMIC SECURITY BASED ON THE ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL BALANCE OF PAYMENTS

И. О. Жаринов

заслуженный машиностроитель Российской Федерации, д.т.н., профессор, АО «ОКБ «Электроавтоматика», Санкт-Петербург, Россия, mpbva@mail.ru

I. O. Zharinov

Honored Machine Builder of the Russian Federation, DSs (Technics), Professor, Stock company «Experimental design bureau «Electroavtomatika» named after P.A. Yefimov», Saint Petersburg, Russia, mpbva@mail.ru

О. О. Жаринов

к.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, Россия, zharinov73@inbox.ru

O. O. Zharinov

PhD (Technics), Associate Professor, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg, Russia, zharinov73@inbox.ru

***Аннотация.** Цель:* решение задачи выявления и последующего количественного анализа экономического показателя, комплексно определяющего в контексте экономической безопасности Российской Федерации зависимость отечественной промышленности от заимствуемых иностранных технологий. *Методы исследования:* искомым показателем предлагается установить сальдо технологического платежного баланса РФ, на основе количественного анализа многолетних данных которого предлагается формировать качественную оценку экономической безопасности РФ. *Результаты и дискуссия:* приводятся результаты и анализ данных многолетнего статистического учета технологического платежного баланса РФ, включающего суммы платежей за импорт технологий в РФ и суммы поступлений от экспорта из РФ технологий, сальдированные по годам. Рассчитан коэффициент технологической независимости России как отношение сумм поступлений от экспорта из РФ технологий и сумм платежей за импорт в РФ технологий, выраженное в процентах. *Заключение:* наблюдаемой и усиливающейся отрицательной динамикой сальдо технологического платежного баланса РФ обосновываются положение РФ как устойчивого нетто-импортера в экономике технологий и возрастающая внешняя угроза экономической безопасности РФ в аспектах снижающейся внутренней технологической обеспеченности отечественной промышленности суверенными технологиями. Сальдо технологического платежного баланса и коэффициент технологической независимости России предлагается установить макроэкономическими показателями, государственное статистическое наблюдение за которыми будет включено в систему показателей, определяющих результативность стратегии научно-технологического развития России в аспектах экономической безопасности.

© Жаринов И. О., Жаринов О. О., 2025

Ключевые слова: экономическая безопасность, экономика технологий, технологический платежный баланс, сальдо, коэффициент технологической независимости

Abstract. Purpose: to solve the problem of identifying and subsequent quantitative analysis of an economic indicator that comprehensively determines, in the context of the economic security of the Russian Federation, the dependence of domestic industry on borrowed foreign technologies. Research methods: the desired indicator is proposed to establish the balance of the technological balance of payments of the Russian Federation, based on a quantitative analysis of long-term data, which is proposed to form a qualitative assessment of the economic security of the Russian Federation. Results and discussion: the results and analysis of data from the long-term statistical accounting of the technological balance of payments of the Russian Federation, including the amounts of payments for technology imports to the Russian Federation and the amounts of proceeds from technology exports from the Russian Federation, balanced by year, are presented. The coefficient of technological independence of Russia is calculated as the ratio of the amounts of proceeds from the export of technologies from the Russian Federation and the amounts of payments for the import of technologies into the Russian Federation, expressed as a percentage. Conclusion: the observed and increasing negative dynamics of the balance of technological payments of the Russian Federation substantiate: the position of the Russian Federation as a stable net importer in the technology economy and the increasing external threat to the economic security of the Russian Federation in terms of the declining internal technological provision of domestic industry with sovereign technologies. It is proposed to establish the balance of technological payments and the coefficient of technological independence of Russia by macroeconomic indicators, the state statistical monitoring of which will be included in the system of indicators determining the effectiveness of the strategy of scientific and technological development of Russia in aspects of economic security.

Keywords: economic security, technology economics, technological balance of payments, balance, coefficient of technological independence

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Введение, цель

Сложившаяся сегодня в мировой экономике политическая конъюнктура позволила странам коллективного Запада ввести в отношении РФ объединенный режим технологического и инвестиционного изоляционизма, нарушающий общепринятые нормы и правила осуществления внешнеторговых рыночных отношений, основанные на принципах здоровой конкуренции.

В условиях такого вызова отечественная промышленность, давно испытывающая на себе дефицит на внутреннем рынке технологических разработок в суверенном исполнении, перешла [1] на механизмы инновационного развития бизнеса, сопряженные с поступлением в страну средств труда и наилучших доступных на внешних рынках технологий, ввозимых либо из дружественных России стран, либо по каналам «параллельного импорта».

С одной стороны, использование зарубежных технологий и их приобретение «всеми

доступными способами» в базовых отраслях национальной экономики РФ является сегодня, по И. М. Гегечкори [2], антикризисной мерой реагирования российской промышленности, заинтересованной в обновлении производственных мощностей и приведении их к технологическому уровню стран, лидирующих в экономике технологий в масштабах мирового хозяйства. Однако продолжение и поддержание («поощрение») на институциональном уровне практик инфраструктурного заимствования бизнесом зарубежных технологий образуют усиливающуюся технологическую угрозу экономической безопасности РФ в аспектах технологической обеспеченности отечественной промышленности, увеличивающей таким образом свою зависимость, а значит, согласно [3], уязвимость национальной экономики РФ от иностранных поставщиков технологий и правообладателей ноу-хау (как правило, зарубежных транснациональных корпораций).

Очевидно, в диалектическом понимании [4] взаимосвязи экономической и национальной безопасностей РФ во избежание: а) прямого материального ущерба, сопоставимого с государственным масштабом, от потенциальной реализации технологической угрозы экономической безопасности РФ и влияния внешнеэкономических факторов на международную конкурентоспособность РФ; б) снижения уровня национальной безопасности РФ как базовой потребности страны, вызванного нарастающим дефицитом суверенной технологической обеспеченности (передовых технологий) в системе государственного строительства обороны РФ, необходимо постоянно поддерживать технологические уязвимости нашей национальной экономики в состояниях, адекватных приемлемому уровню экономической безопасности РФ.

Решение этих задач, обеспечиваемое механизмами и инструментарием государственного управления экономической безопасностью РФ [5; 6], требует выявления и исследования комплексного экономического показателя, количественно характеризующего экономическую зависимость промышленности РФ от зарубежных технологий и подтвержденного результатами объективных «измерений», выполненных как российским, так и международными институтами.

Цель исследования: выявление и последующий количественный анализ экономического показателя, комплексно определяющего в контексте экономической безопасности Российской Федерации зависимость отечественной промышленности от заимствуемых иностранных технологий. В качестве такого показателя авторами предлагается рассматривать сведенный по годам технологический платежный баланс РФ (экономическая категория), в отношении которого имеются данные многолетнего статистического учета.

Методы исследования

Известные методы оценки экономической безопасности РФ [7; 8] основываются на введении синтетических критериев и решающих правил, математически строго, вербально или с участием экспертных мнений определяющих риски, угрозы и уязвимости, возникающие в на-

циональной экономике РФ в связи с заимствованием субъектами отечественной промышленности в технологических и бизнес-процессах иностранных средств труда и технологий.

Основная авторская идея исследования заключается в интерпретации внешнеэкономической деятельности стран нетто-экспортеров технологий «наступательными» или потенциально являющимися таковыми действиями, подрывающими технологический суверенитет стран нетто-импортеров технологий. Комплексное видение возникающих в связи с этим рисков обуславливает необходимость поиска научного обоснования качественной оценки экономической безопасности РФ, которая поставлена в зависимость от процессов и результатов технологического обновления производственной базы отечественной промышленности, осуществляемого за счет применения наилучших доступных на внешних рынках иностранных технологий.

Потребность бизнеса в иностранных технологиях связывается в исследовании:

а) с недостаточной активностью инновационной деятельности российских субъектов инноватики, вследствие которой образовался и усиливается дефицит в РФ критически важных суверенных элементов технологической обеспеченности промышленности;

б) с необходимостью обеспечивать на фоне объективных достижений научно-технического прогресса в мире конкурентоспособность отечественной продукции как на внутреннем, так и на внешних рынках, и характеризуется технологическим платежным балансом РФ (данные по международным потокам технологических платежей и поступлений), имеющим количественное «измерение» в макростатистике.

Данные по технологическому платежному балансу, позиционируемому в качестве агрегированного индикатора внешнеэкономической деятельности, статистически накапливаются [9] с 1990 г. и определяют масштаб и формы (структуру) международного научно-технологического сотрудничества стран по направлению экономики технологий.

Результаты и дискуссия

Статистически значимой количественной характеристикой различий в собственных для

РФ экспортируемых разработках и импортируемых заимствованиях технологий является технологический платежный баланс, учитывающий фактическое соотношение поступлений в РФ и платежей РФ, определяемых ее коммерческим участием в системе международного обмена технологиями как законченными продуктами (нематериальными активами), выступающими самостоятельными объектами торговли.

Отрицательное сальдо технологического платежного баланса РФ (денежная оценка реального участия государства в коммерческом обмене технологиями), отмеченное в [10] и наблюдаемое в течение длительного времени, говорит об установившемся с 2001 г. положении РФ на внешних рынках в качестве нетто-импортера технологий. Данные [10] основываются на отчетных результатах статистического учета, выполненного [11] OECD (The Organization for Economic Co-operation and Development) в отношении РФ, и в целом согласуются с результатами исследования НИУ ВШЭ, выполненного М. Н. Коцемиром и Г. С. Сагиевой по данным Росстата, опубликованными на официальном сайте НИУ ВШЭ [21].

Сравнительный анализ абсолютных значений показателей технологического платежного баланса РФ: а) выраженных в денежной форме в миллионах долларов; б) представленных в [10] многолетними данными [11] OECD: main science and technology indicators, а также данными М. Н. Коцемира и Г. С. Сагиевой на сайте НИУ ВШЭ и данными Росстата; в) сформированных за счет сумм поступлений от выплат по импорту технологий и сумм поступлений, связанных с экспортом технологий, свидетельствует об их незначительных расхождениях, не оказывающих принципиального значения на общий статистически обоснованный вывод: импорт технологий в РФ доминирует над их экспортом.

По данным НИУ ВШЭ (рис. 1, а), к 2018 г. в РФ разница сумм поступлений от экспорта технологий (\$1405,5 млн) и сумм платежей за импорт технологий (\$3064,7 млн) составляла минус \$1659,2 млн. Наибольший разрыв в существующей статистике приходится на 2017 г. и составляет минус \$2124 млн. Обращают на себя внимание:

а) данные 2015 г. (минус \$550,7 млн), что, вероятнее всего, объясняется резким изменением курса отечественной национальной валюты;

б) данные 2000 г. (плюс \$20,4 млн), свидетельствующие о некогда положительном сальдо, т. е. профиците технологического платежного баланса РФ.

Отправную точку 2000 г. на графике рис. 1, б следует рассматривать в контексте экономических процессов, наблюдавшихся с начала 90-х годов в нашей стране и сопровождавшихся масштабным сокращением наукоемкого, высокотехнологического производства, усиливающейся безработицей и другими инфраструктурными деструкциями промышленности и проявлениями институциональной дисфункции в научно-технической сфере РФ.

Положительно сведенное в 2000 г. «начальное» для имеющейся статистики сальдо технологического платежного баланса РФ, таким образом, следует рассматривать как доминирование экспорта над импортом технологий, свидетельствующее:

а) об остаточной технологической автономности отечественной промышленности в тот период;

б) о наличии объективных трудностей в закупках зарубежных технологий, на что оказали влияние резкое изменение курса национальной валюты в 1998 г. и последовавшие вслед за этим процессы в национальной экономике;

в) о наличии объективных трудностей, связанных с утраченной инфраструктурной и кадровой готовностью промышленного производства к освоению передовых производственных технологий, т. е. совокупно свидетельствующее о низком тогда внутреннем спросе экономических агентов РФ на иностранные технологии.

Сравнения по показателю сальдо технологического платежного баланса отдельных стран, выбранных в отчете OECD [11] в качестве примера, представлено на рис. 2. Для информативности экономического анализа данные на рис. 2 соответствуют тому же периоду статистического наблюдения OECD, что и данные на рис. 1 в отношении РФ.

Нетрудно видеть, что страны нетто-экспортеры технологий (рис. 2, а) сохраняют и стремятся развивать свое доминирующее по-

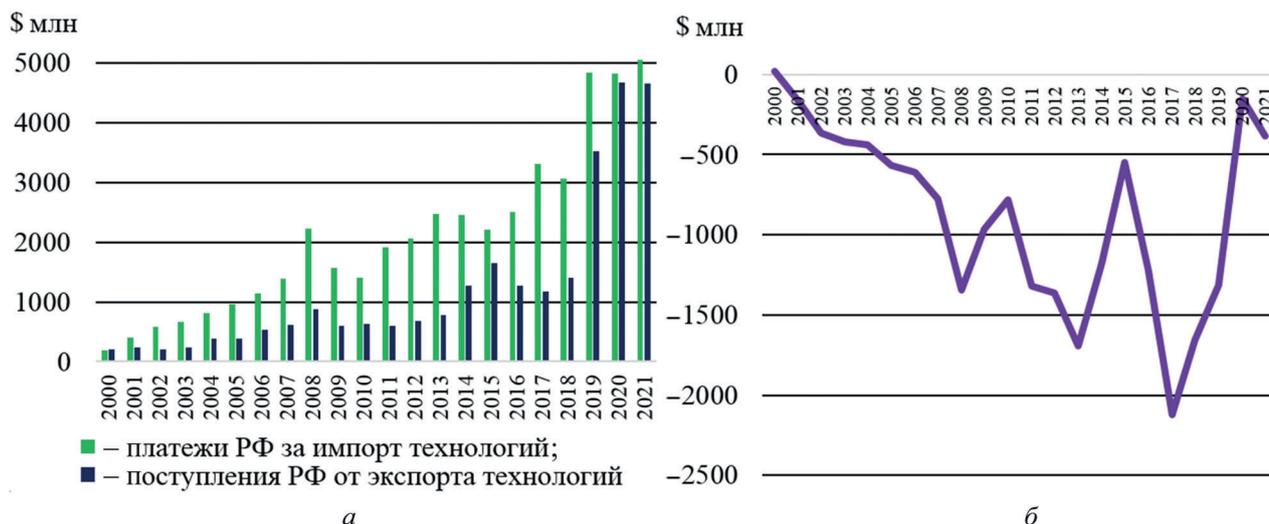


Рис. 1. Статистика технологического платежного баланса РФ: а – сумма платежей за импорт технологий и сумма поступлений от экспорта технологий; б – сальдо технологического платежного баланса РФ

Fig. 1. Statistics of the technological balance of payments of the Russian Federation: а – the amount of payments for the import of technologies and the amount of proceeds from the export of technologies; б – the balance of the technological balance of payments of the Russian Federation

Источник: составлено авторами по данным: [10], OECD [11], официального сайта НИУ ВШЭ, Росстата.

Source: compiled by the authors according to data [10], data from the OECD [11], data from the official website of the Higher School of Economics and data from Rosstat.

ложение на внешнеэкономических рынках, а страны нетто-импортеры технологий (рис. 2, б) поддерживают соотношение сумм поступлений от экспорта и сумм платежей за импорт

технологий примерно на постоянном уровне (исключение составляет Ирландия), очевидно, соответствующем приемлемому для них уровню своей экономической безопасности.

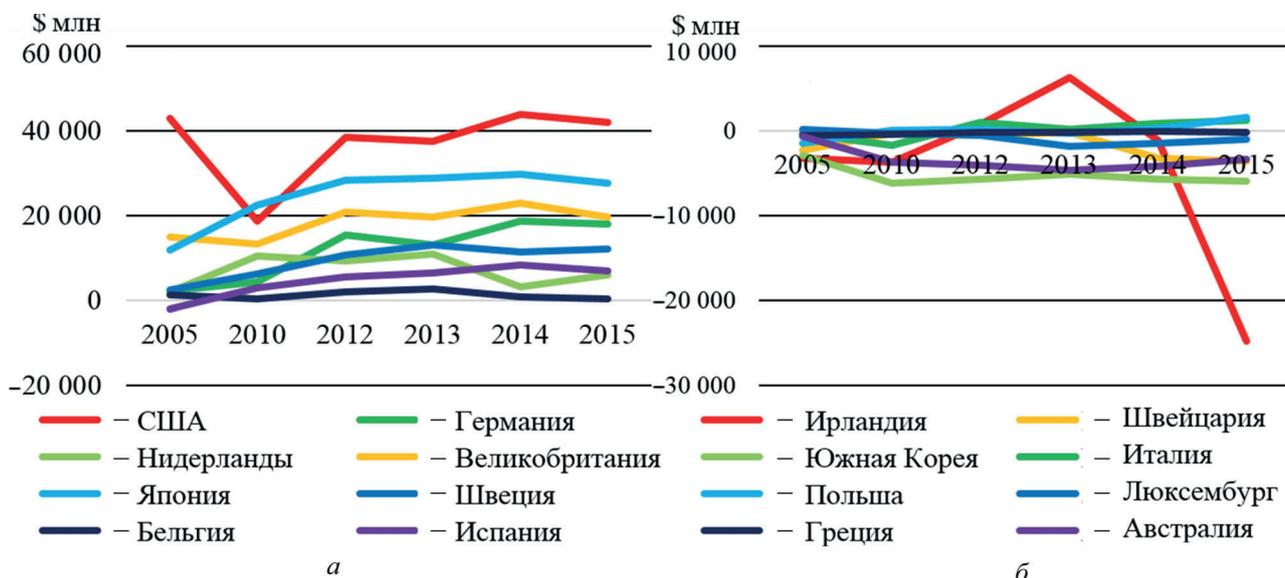


Рис. 2. Сальдо технологического платежного баланса: а – стран нетто-экспортеров технологий; б – стран нетто-импортеров технологий и стран с переменным «статусом»

Fig. 2. Technological balance of payments: а – net technology exporting countries; б – net technology importing countries and countries with variable «status»

Источник: составлено авторами по статистическим данным OECD [11]; более поздние данные в отчетах OECD не представлены.

Source: compiled by the authors according to OECD statistics [11]; later data are not presented in OECD reports.

Необходимость исследования экономической безопасности РФ в рамках экономики технологий, таким образом, является следствием объективного влияния научно-технологического потенциала стран нетто-экспортеров технологий на науку, промышленность и другие технологически емкие сегменты национальной экономики стран нетто-импортеров технологий, к числу которых относится РФ. Это специализированное экспортно-импортное влияние реализуется через международные процессы научно-технологического проникновения не всегда дружественных экономик одних стран в экономики других стран, осуществляемое механизмами внешнеэкономической деятельности, имеющей зачастую геополитический подтекст.

В индикативном пространстве параметров технологического платежного баланса такое межэкономическое влияние оценивается коэффициентом технологической независимости стран нетто-экспортеров и стран нетто-импортеров технологий, а в аспектах экономической безопасности это влияние непосредственно определяет технологические уязвимости национальных экономик стран нетто-импортеров технологий. Распределение по годам коэффициента технологической независимости РФ (отношение сумм поступлений от экспорта из РФ технологий и сумм платежей за импорт в

РФ технологий, выраженное в процентах) приведено на рис. 3.

Среднее значение коэффициента технологической независимости РФ за период 2001–2021 гг., соответствующее отрицательному сальдо технологического платежного баланса РФ, составляет 50,07 % (расчет не включает профицитный 2000 год). Подъем в 2019 г. и сохранение коэффициента технологической независимости РФ выше статистического среднего значения объясняются резким ростом числа экспортно ориентированных соглашений субъектов экономики технологий РФ с международными бизнес-партнерами. С 2019 по 2021 гг. число таких соглашений, по данным Росстата, увеличилось на 61,6 %: с 4196 ед. в 2019 г. до 6783 ед. в 2021 г.

Прирост импортоориентированных контрактов в этот же период составил 21,4 %: с 5518 ед. в 2019 г. до 6701 ед. в 2021 г. Обращает на себя внимание противоположно направленное изменение стоимости предмета таких соглашений. Так, в период 2019–2021 гг. общая стоимость импортируемых технологий по соглашениям увеличилась с \$12 322,7 до 19 846,2 млн (рост на 61 %), в то время как общая стоимость экспортируемых технологий упала с \$66 565,0 до 40 848,7 млн (падение на 38,6 %). Суммарный коммерческий оборот технологиями в техноло-

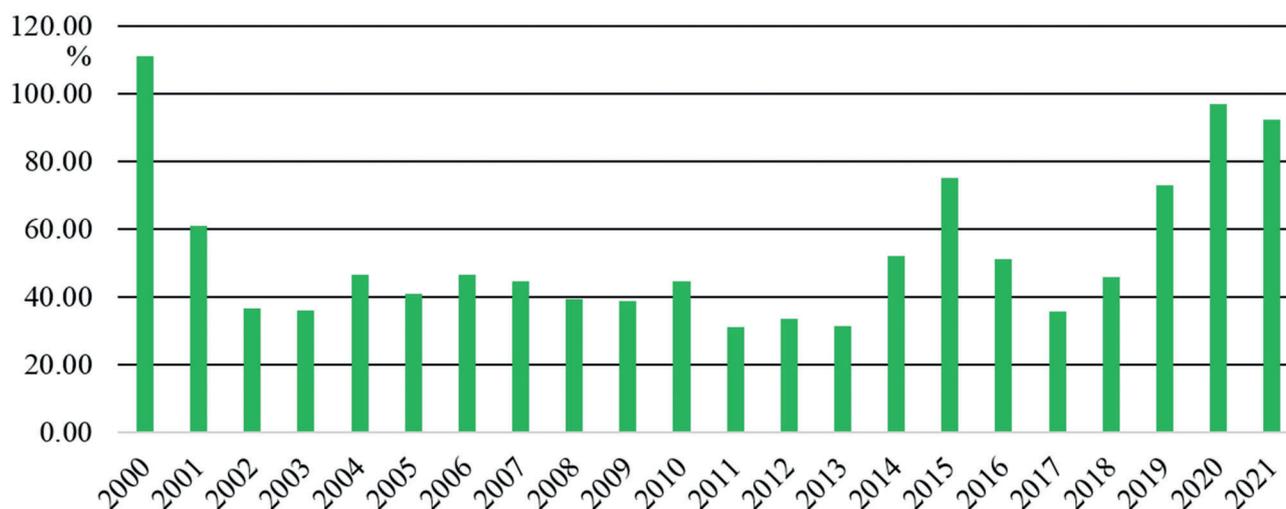


Рис. 3. Распределение коэффициента технологической независимости РФ

Fig. 3. Distribution of the coefficient of technological independence of the Russian Federation

Источник: составлено авторами по данным: [10], OECD [11], официального сайта [22] НИУ ВШЭ и Росстата [23].
Source: compiled by the authors according to data [10], OECD data [11], data from the official website of the Higher School of Economics and data from Rosstat.

гическом платежном балансе РФ в денежном выражении за 2019–2021 гг. вырос с \$8356,9 до 9707,0 млн, т. е. на 16,1 %.

Таким образом, число экспортных соглашений РФ в отношении международного коммерческого обмена технологиями резко выросло, а стоимость предмета таких соглашений упала. В свою очередь, число соглашений РФ по импорту технологий выросло незначительно, а стоимость предмета соглашений резко выросла, что говорит об экспорте отечественных «дешевых» технологий и импорте зарубежных «дорогих» (в сравнении друг с другом по средневзвешенной стоимости), а также о развитии в нашей стране механизмов коммерциализации результатов технологических НИОКР.

Исследование динамики сальдо технологического платежного баланса, очевидно, позволяет судить, в какой мере национальная экономика страны нетто-импортера технологий испытывает на себе увеличивающуюся во времени или, наоборот, снижающуюся технологическую угрозу экономической безопасности. Таким образом, динамика сальдо технологического платежного баланса характеризует на анализируемом интервале статистического наблюдения применяемые государством и бизнесом способы удовлетворения потребностей внутреннего рынка (структурные сдвиги) в технологической обеспеченности промышленности – за счет импорта технологий или за счет собственных научных разработок, экспортируемых в другие страны.

Общая динамика 2000–2017 гг. сальдо технологического платежного баланса РФ (см. рис. 1, б) показывает устойчивую в течение почти двух десятилетий негативную тенденцию, происходившую в технологической обеспеченности промышленного производства РФ суверенными технологиями, и очевидный усиливающийся дисбаланс сумм платежей за импорт в РФ технологий и сумм поступлений от экспорта из РФ технологий, характеризующий стагнацию в стране собственных процессов развития науки и технологий.

Вместе с этим в течение 2018–2021 гг. наблюдается резкий возврат сальдо к значениям «вблизи нулевого уровня», не превысившим в 2021 г. минус \$381,6 млн. Пик в 2020 г. прихо-

дится на сальдо минус \$150,7 млн, что говорит о возросшей активности экспортно ориентированного бизнеса во внешнеэкономической деятельности РФ.

Отрицательное сальдо технологического платежного баланса не рассматривается экономической наукой как признак развивающейся инфраструктурной деструкции экономики технологий, так как может быть результатом реализации научно-технической и промышленной политики государства, направленным на повышение конкурентоспособности национальной экономики и ее общее структурное развитие, а также рост отдельных секторов экономики, нуждающихся в новых технологиях, или приращение технологического капитала бизнеса.

Например, в [9; 12] отмечается, что за счет привлечения передовых иностранных технологий зачастую осуществляется организация в стране новых производств, по своим технологическим компетенциям относящихся к представителям следующего технологического уклада, а также технологическое развитие имеющихся в стране производств.

Однако фиксируемая отрицательная динамика РФ в области международного коммерческого обмена технологиями в сочетании с наблюдаемой Росстатом в тот же период отрицательной динамикой переменных фактор-условий, определяющих: а) численность и научное качество в РФ инноваторов, создающих технологические активы; б) число организаций – участников инновационной деятельности и уровень их инновационной активности в РФ, и с отсутствием роста в процентном выражении к национальному ВВП расходов федерального бюджета РФ на науку в течение длительного времени, статистически подтвержденного данными Росстата в 2010–2022 гг., уже позволяет сделать два обобщающих вывода, которые согласуются с имеющимися результатами [13]:

1) о нарастающей технологической угрозе экономической безопасности РФ, частично купированной в 2018–2021 гг.;

2) о расширении номенклатуры технологических уязвимостей национальной экономики РФ и связанных со статистически значимой снижающейся обеспеченностью

отечественной промышленности суверенными технологиями.

В связи с этим нельзя не отметить сохраняющийся примерно на одном и том же уровне объем финансирования НИОКР в системе высшего образования РФ. В период 2016–2020 гг. он находился в пределах от 1329,5 до 1598,97 млн р., что оказывается существенно ниже уровня 2015 г., в котором зафиксирован [24] объем 2329,4 млн р.

Статистические данные технологического платежного баланса РФ являются [9] накопленным результатом классифицированного по операциям коммерческого участия РФ в системе международных экономических отношений и в организованных трансграничных финансовых потоках (транзакциях), детализированного и документированного должным образом: а) актами купли-продажи технологий; б) выплатами правообладателям технологий; в) передачей технологий по лицензиям как предметов рыночного обмена, и другими видами возмездного обмена отдельными нефинансовыми активами и близкими к ним объектами интеллектуальной собственности, повышающими в целом технологическое качество производимой продукции или оказываемых услуг.

Структура экспортно-импортной специализации технологического платежного баланса РФ за 2015–2020 гг. приведена на рис. 4. При отображении графиков для возможности визуального сравнительного анализа технологического платежного баланса РФ, дифференцированного по предметам рыночного обмена с малыми суммами и предметам рыночного обмена с большими суммами платежей или поступлений, применена логарифмическая шкала.

Вместе с этим на импорт и экспорт технологий в международных масштабах оказывают влияние:

а) миграция рабочей силы, включающей квалифицированных инноваторов как носителей научно-технологических знаний;

б) принятые на продолжительном интервале времени в качестве постоянных фактор-условия, отражающие страновые преимущества государств, например, территориальное поло-

жение, наличие определенных видов ресурсов или институционально созданный инструментами государственного регулирования специальный налоговый режим ведения бизнесом экономической деятельности;

в) целевое оказание технической помощи дружественным государствами (развивающимся странам), осуществляемое на двусторонней основе, и другие факторы, обуславливающие направленность международного движения капитала и обеспечивающие инвестиционную привлекательность отдельных регионов.

Сальдо технологического платежного баланса РФ, дифференцированное по видам экономической деятельности хозяйствующих субъектов и специализации регионов РФ, характеризует, согласно «Атласу экономической сложности» [14], промышленные возможности РФ и отражает ретроспективную и текущую структуры национального экспорта и импорта технологий, а значит напрямую влияет на экономическую безопасность страны в аспектах ее технологической обеспеченности суверенными технологиями.

Импорт технологий как экономическое явление, помимо очевидных отрицательных последствий, связанных с повышением зависимости операционной и технологической деятельности отечественной промышленности от иностранного влияния, и положительных последствий, связанных с возникновением у бизнеса экономического эффекта от использования технологий, в современных санкционных для РФ условиях имеет, согласно [15], потенциал ограниченного действия – предлагаются к освоению преимущественно наилучшие доступные технологии, которые уже на момент внедрения утратили статус технологических инноваций и «распространились» по всей экономике.

Такое научно-технологическое развитие России, очевидно, является «догоняющим» и не соответствует [16] актуальной сегодня государственной парадигме достижения технологического суверенитета РФ, предусматривающей импортоопережение отечественной промышленности в экономике технологий.

Импортоопережение (в контексте экономики технологий) – это объединенная стратегия осуществления научно-технической и

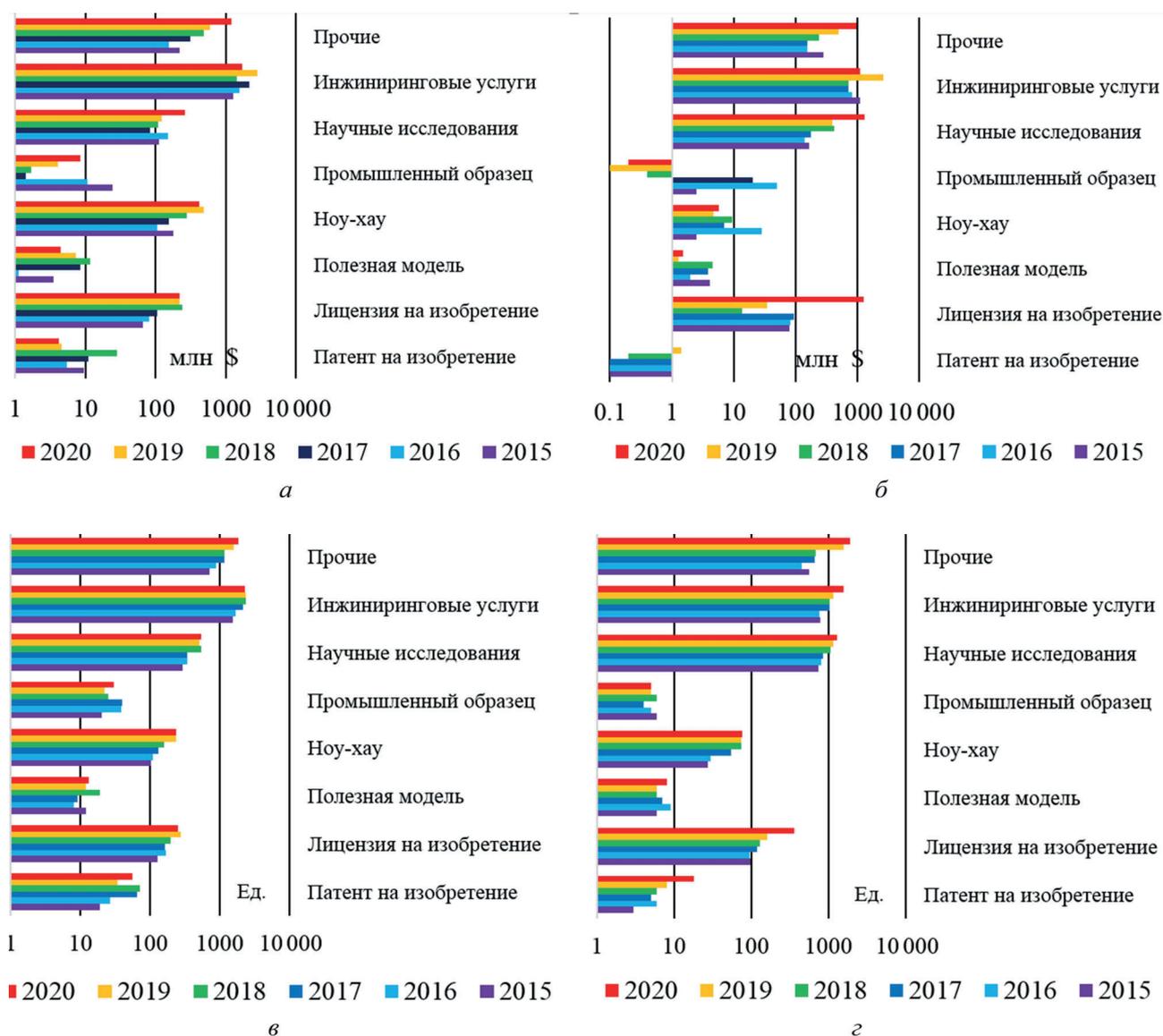


Рис. 4. Структура технологического платежного баланса РФ: а – суммы платежей за импорт технологий в РФ; б – суммы поступлений от экспорта технологий из РФ; в – число соглашений по импорту технологий в РФ; г – число соглашений по экспорту технологий из РФ

Fig. 4. The structure of the technological balance of payments of the Russian Federation: а – the amount of payments for the import of technologies to the Russian Federation; б – the amount of proceeds from the export of technologies from the Russian Federation; в – the number of agreements on the import of technologies to the Russian Federation; г – the number of agreements on the export of technologies from the Russian Federation

Источник: составлено авторами по данным [25] ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт экономики, политики и права в научно-технической сфере».

Source: compiled by the authors according to the Federal State Budgetary Institution «Russian Research Institute of Economics, Politics and Law in the scientific and technical field».

промышленной политик государства, которая предусматривает замену доступных в стране иностранных технологий, востребованных на внутреннем рынке, новыми суверенными технологиями, заведомо обладающими повышенными потребительскими качествами в сравнении с передовыми зарубежными аналогами (авторское определение).

Акцент на отличительном свойстве превосходства новых внедряемых в промышленность суверенных технологий по отношению к имеющимся, причем не только замещаемым в стране, а существующим мире (на внешних рынках), позволяет дифференцировать общую и частную категории «импортозамещение» и «импортоопережение». Очевидно, импорто-

опережение является частным случаем импортозамещения в экономике технологий. При этом реализация обеих стратегий, предусматривающих переход на суверенные технологии, положительным образом влияет на повышение общей экономической безопасности РФ.

На импорт технологий также влияет зависимость, отмеченная в [17], а именно: если время инновационного цикла развития превышает время оборачиваемости производительного капитала, то бизнес, вероятнее всего, будет вкладывать средства в приобретение готовых иностранных технологий вместо финансирования отечественных НИОКР, связанных с реализацией этапов научного (фундаментального и прикладного) поиска решений в области синтеза собственных технологий (технологических инноваций) в суверенном для РФ исполнении.

Заключение

Очевидно, что при недостаточной обеспеченности (дефицит на внутреннем рынке) собственными технологиями отечественный бизнес осуществляет их импорт, «подтягивающий» за собой импорт зарубежных стандартов, технических средств материального производства и компьютерных программ, что создает объективные угрозы экономической безопасности России за счет последующей деградации суверенной составляющей производственно-технологической базы отечественной промышленности и вовсе может оказаться затруднительным в условиях ужесточающегося сегодня режима технологического и инвестиционного изоляционизма РФ, введенного коллективным Западом в рамках общего санкционного давления на Россию.

В связи с этим повышение технологического уровня отечественного промышленного производства, обеспечиваемое за счет масштабного заимствования иностранных технологий, необходимо «уравновешивать» [18] собственными разработками технологических инноваций по уровням технологической, производственной и рыночной готовности, достаточными для их вывода на внутренний рынок (национальный трансфер технологий) и на внешние рынки (международный трансфер технологий).

По мнению авторов, этот процесс: а) осуществляемый сегодня в рамках укрепления технологического суверенитета РФ и реализации в нашей стране как обновленной Стратегии научно-технологического развития России [19], так и Стратегии национальной безопасности России [20]; б) предполагающий выявление управляющих развитием страны переменных фактор-условий, подлежит координации с процессами управления экономической безопасностью РФ, в которых корректно учитываемое [9] сальдо технологического платежного баланса РФ или коэффициент технологической независимости РФ будет выступать управляемой переменной, рассматриваемой в контекстах международных технологических трансферов и внешнеэкономической деятельности РФ.

Сальдо технологического платежного баланса РФ и коэффициент технологической независимости РФ в связи с вышеизложенным необходимо включить и в перечень показателей, прогнозируемых и контролируемых ведомствами, а также учитываемых Росстатом, представленных в государственной программе «Научно-технологическое развитие Российской Федерации».

Список источников

1. Гурьянов А. В., Жаринов И. О., Жаринов О. О. Экономическая безопасность оборонно-промышленного комплекса как фактор национальной безопасности в стратегии научно-технологического развития России // Изв. СПбГЭУ. 2024. № 2(146). С. 36–41.
2. Гегечкори И. М. Экономические санкции против Российской Федерации и внешнеэкономическая безопасность: вызовы и угрозы // Аудиторские ведомости. 2022. № 1. С. 97–100.
3. Моденов А. К., Власов М. П. Особенности экономической безопасности в цифровой экономике // Петерб. экон. журн. 2020. № 2. С. 121–134.

4. Крылов А. А., Латов Ю. В. Диалектика взаимосвязи национальной и экономической безопасности // Микроэкономика. 2013. № 6. С. 120–124.
5. Василенко О. А. Вопросы экономической безопасности и государственного управления в контексте стратегии экономической безопасности России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2020. Т. 16, № 1 (382). С. 60–79.
6. Лев М. Ю., Медведева М. Б., Лещенко Ю. Г. Эволюция глобального управления экономическими процессами в контексте международных организаций с позиции национальной безопасности // Экономическая безопасность. 2022. Т. 5, № 4. С. 1583–1614.
7. Булатенко М. А. Контент-анализ диссертационных работ по экономической безопасности // Экономическая безопасность. 2022. Т. 5, № 4. С. 1247–1272.
8. Харламов А. В. Трансформация хозяйственной системы и обеспечение экономической безопасности // Петерб. экон. журн. 2020. № 3. С. 6–14.
9. Осипов Г. В., Климовицкий С. В. Индикаторы науки и технологии: история, методология, стандарты измерения / Научный совет по Программе фундаментальных исследований Президиума Российской академии наук «Экономика и социология науки и образования». М.: ЦСП и М., 2014. 180 с.
10. Авдеева О., Пролубников А., Окунев Д. Технологический платежный баланс РФ: анализ участия страны в международной торговле технологиями // ЭКО. 2017. № 8. С. 164–174.
11. Main science and technology indicators. Iss.1. Paris: OECD Publishing, 2017. 136 p.
12. Юрий С. В. Международный трансфер новейших технологий и совершенствование его внешнеторгового регулирования в Республике Беларусь: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.14. Минск: БГУ, 2016. 28 с.
13. Обеспечение экономической безопасности в сфере внешнеэкономической деятельности / С. А. Коноваленко, Н. Г. Гаджиев, Е. В. Карпунина, А. Ю. Карпунин // Экономическая безопасность. 2022. Т. 5, № 1. С. 251–270.
14. The atlas of economic complexity: mapping paths to prosperity / R. Hausmann et al. Cambridge, MA: The MIT Press, 2013. 71 p.
15. Скобелев Д. О. О подходе к оценке эффективности государственных и корпоративных инвестиций // Глобальные вызовы и национальные экологические интересы: экономические и социальные аспекты: сб. материалов XVII Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Т. О. Тагаевой, Л. К. Казанцевой. Новосибирск: Изд-во Ин-та экономики и организации промышленного производства СО РАН, 2023. С. 52–57.
16. Повышение экономической безопасности оборонно-промышленного комплекса России на основе обеспечения технологического суверенитета / А. В. Гурьянов, И. О. Жаринов, О. О. Жаринов, В. А. Нечаев // Технико-технологические проблемы сервиса. 2024. № 1 (67). С. 84–91.
17. Фролов И. Э., Ганичев Н. А. Научно-технологический потенциал России на современном этапе: проблемы реализации и перспективы развития // Проблемы прогнозирования. 2014. № 1 (142). С. 3–20.
18. Коломиец А. Г. Национальные институциональные проекты как инструмент обеспечения экономической безопасности // Экономическая безопасность. 2023. Т. 6, № 1. С. 51–64.
19. Указ Президента Российской Федерации № 145 от 28.02.2024 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». 2024. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358> (дата обращения: 16.11.2024).
20. Указ Президента Российской Федерации № 400 от 02.07.2021 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации». 2021. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47046> (дата обращения: 16.11.2024).
21. Внешняя торговля технологиями России. 2019. URL: <https://issek.hse.ru/news/300490064.html> (дата обращения: 16.11.2024).
22. Экспорт и импорт технологий. 2020. URL: <https://issek.hse.ru/news/399520404.html> (дата обращения: 16.11.2024).

23. Росстат – Внешняя торговля. URL: https://rosstat.gov.ru/statistics/vneshnyaya_torgovlya (дата обращения: 16.11.2024).
24. Место Российской Федерации по объему НИОКР в секторе высшего образования. URL: <https://нтр.рф/indicators-and-ratings/indicator/cube51/> (дата обращения: 16.11.2024).
25. Соотношение экспорта и импорта технологий и услуг технологического характера (включая права на результаты интеллектуальной деятельности). URL: <https://нтр.рф/indicators-and-ratings/indicator/cube26/> (дата обращения: 16.11.2024).

Информация об авторах

Жаринов Игорь Олегович – заслуженный машиностроитель Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, руководитель учебно-научного центра – ученый секретарь научно-технического совета, АО «ОКБ «Электроавтоматика» (адрес: 198095, Россия, Санкт-Петербург, ул. Маршала Говорова, д. 40), ORCID 0000-0003-2508-5939.

Жаринов Олег Олегович – к.т.н., доцент, доцент кафедры прикладной информатики, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (адрес: 190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67), ORCID ID: 0000-0003-1219-8205.

Статья поступила в редакцию 10.10.2024, принята к публикации после рецензирования 12.01.2025, опубликована онлайн 31.03.2025.

References

1. Guryanov A. V., Zharinov I. O., Zharinov O. O. Economic security of the military-industrial complex as a factor of national security in the strategy of scientific and technological development of Russia. *Izvestia of the St Petersburg State University of economics*. 2024, no. 2 (146), pp. 36–41.
2. Gegechkori I. M. Economic sanctions against the Russian Federation and foreign economic security: challenges and threats. *Audit statements*. 2022, no. 1, pp. 97–100.
3. Modenov A. K., Vlasov M. P. Features of economic security in the digital economy. *St Petersburg economic journal*. 2020, no. 2, pp. 121–134.
4. Krylov A. A., Latov Yu. V. Dialectics of the relationship between national and economic security. *Microeconomics*. 2013, no. 6, pp. 120–124.
5. Vasilenko O. A. Issues of economic security and public administration in the context of Russia's economic security strategy. *National interests: priorities and security*. 2020, vol. 16, no. 1 (382), pp. 60–79.
6. Lev M. Yu., Medvedeva M. B., Leshchenko Yu. G. Evolution of global management of economic processes in the context of international organizations from the perspective of national security. *Economic security*. 2022, vol. 5, no. 4, pp. 1583–1614.
7. Bulatenko M. A. Content analysis of dissertations on economic security. *Economic security*. 2022, vol. 5, no. 4, pp. 1247–1272.
8. Kharlamov A. V. Transformation of the economic system and ensuring economic security. *St Petersburg economic journal*. 2020, no. 3, pp. 6–14.
9. Osipov G. V., Klimovitsky S. V. Indicators of science and technology: history, methodology, measurement standards. Scientific council for the program of fundamental research of the presidium of the Russian Academy of Sciences «Economics and sociology of science and education». M., CSP and M., 2014, 180 p.
10. Avdeeva O., Prolubnikov A., Okunev D. Technological balance of payments of the Russian Federation: analysis of the country's participation in international technology trade. *ECO*. 2017, no. 8, pp. 164–174.
11. Main science and technology indicators. Paris, OECD Publishing, 2017, iss. 1, 136 p.

12. Yurik S. V. International transfer of the latest technologies and improvement of its foreign trade regulation in the Republic of Belarus: abstract. diss. ... candidate of economic sciences in spec. 08.00.14. Minsk, Belarusian State University, 2016, 28 p.
13. Konovalenko S. A., Gadzhiev N. G., Karpunina E. V., Karpunin A. Yu. Ensuring economic security in the field of foreign economic activity. *Economic security*. 2022, vol. 5, no. 1, pp. 251–270.
14. Hausmann R. et al. *The atlas of economic complexity: mapping paths to prosperity*. Cambridge, MA, The MIT Press, 2013, 71 p.
15. Skobelev D. O. On the approach to assessing the effectiveness of public and corporate investments. Collection of materials of the XVII International scientific and practical conference «Global challenges and national environmental issues: economic and social aspects» (July 3–8, 2023, Novosibirsk). Edited by T. O. Tagaeva, L. K. Kazantseva. Novosibirsk, Publishing House of the Institute of economics and industrial production organization SB RAS, 2023, pp. 52–57.
16. Guryanov A. V., Zharinov I. O., Zharinov O. O., Nechaev V. A. Improving the economic security of the Russian military-industrial complex on the basis of ensuring technological sovereignty. *Technical and technological problems of the service*. 2024, no. 1 (67), pp. 84–91.
17. Frolov I. E., Ganichev N. A. Scientific and technological potential of Russia at the present stage: problems of implementation and development prospects. *Forecasting problems*. 2014, no. 1 (142), pp. 3–20.
18. Kolomiets A. G. National institutional projects as a tool for ensuring economic security. *Economic security*. 2023, vol. 6, no. 1, pp. 51–64.
19. Decree of the President of the Russian Federation № 145 dated 28.02.2024 «On the Strategy of scientific and technological development of the Russian Federation». 2024. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358> (accessed: 16.11.2024).
20. Decree of the President of the Russian Federation № 400 dated 02.07.2021 «On the Strategy of national security of the Russian Federation». 2021. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47046> (accessed: 16.11.2024).
21. Foreign trade in technologies of Russia. 2019. URL: <https://issek.hse.ru/news/300490064.html> (accessed: 16.11.2024).
22. Export and import of technologies. 2020. URL: <https://issek.hse.ru/news/399520404.html> (accessed: 16.11.2024).
23. Rosstat – Foreign trade. URL: https://rosstat.gov.ru/statistics/vneshnyaya_torgovlya (accessed: 16.11.2024).
24. Place of the Russian Federation in terms of R&D volume in the higher education sector. URL: <https://нтре.рф/indicators-and-ratings/indicator/cube51/> (accessed: 16.11.2024).
25. Ratio of exports and imports of technologies and services of a technological nature (including rights to the results of intellectual activity). URL: <https://нтре.рф/indicators-and-ratings/indicator/cube26/> (accessed: 16.11.2024).

Information about the authors

Igor O. Zharinov, honored machine builder of the Russian Federation, doctor of technical sciences, professor, head of the Educational and Scientific Center – scientific secretary of the Scientific and Technical Council, Stock company «Experimental design bureau «Electroavtomatika» named after P. A. Yefimov» (address: 198095, Russia, Saint Petersburg, Marshal Govorov St., 40), ORCID 0000-0003-2508-5939.

Oleg O. Zharinov, PhD (Technics), associate professor, associate professor of the Departments of Applied Informatics, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation (address: 190000, Russia, Saint Petersburg, Bolshaya Morskaya St., 67), ORCID ID: 0000-0003-1219-8205.

The article was submitted on 10.10.2024, accepted for publication after reviewing on 12.01.2024, published online on 31.03.2025.

Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 67–77
St Petersburg Economic Journal. 2025, no. 1, pp. 67–77

Научная статья
УДК 330.34

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМНОГО ПОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

SYSTEMATIZATION AND RESEARCH OF THE PROBLEMATIC FIELD OF TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT IN RUSSIA

Ф. Ф. Галимулина

д.э.н., доцент, профессор кафедры логистики и управления, Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия, 080502e_m@mail.ru

F. F. Galimulina

DSc (Economics), Associate Professor, Professor of the Department of Logistics and Management, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, 080502e_m@mail.ru

Аннотация. В настоящее время российская экономика находится в точке бифуркации – неустойчивом, критическом состоянии в результате депрессивного давления со стороны Запада, требующем пересмотра принципов технологического развития. В связи с этим сформулирована цель исследования – систематизация и исследование проблемного поля технологического развития России, а также формирование концептуального контура направлений развития страны. Задачи исследования: систематизировать и осветить проблемы технологического развития России в современных условиях; разработать концептуальный подход к управлению технологическим развитием России с учетом специфики категорий «технологический иммунитет», «технологический паритет» и «технологический суверенитет»; изучить закономерности технологической суверенизации национальной экономики. Методы исследования: контент-анализ, системный подход, формализация знаний, сравнительный анализ. По итогам исследования систематизировано проблемное поле технологического развития России, включающее 8 ключевых блоков (совершенствование институциональной среды, управление транзакционными издержками, укрепление технологического иммунитета, обеспечение технологического суверенитета, сбалансированное развитие, достижение технологического паритета с мировыми лидерами, минимизация технологических ловушек, технологическая сингулярность); построен концептуальный контур технологического развития России, основанный на предложенной автором триаде «технологический иммунитет – технологический паритет – технологический суверенитет»; выявлены закономерности технологической суверенизации национальной экономики. Сформулированные положения рекомендованы к учету при совершенствовании документов стратегического планирования.

Ключевые слова: национальная экономика, технологическое развитие, технологический суверенитет, технологический иммунитет, технологический паритет, технологическая сингулярность, технологические ловушки, точка бифуркации

Abstract. Currently, the Russian economy is at a bifurcation point – an unstable, critical state as a result of depressive pressure from the West, requiring a revision of the principles of technological development. In this regard, the purpose of the study is formulated – the systematization and study of the problematic field of technological development in Russia, as well as the formation of a conceptual outline of the country's development directions. Research objectives: to systematize and highlight the problems of Russia's technological development in modern conditions; to develop a conceptual

approach to managing Russia's technological development, taking into account the specifics of the categories "technological immunity", "technological parity" and "technological sovereignty"; to study the patterns of technological sovereignty of the national economy. Research methods: content analysis, systematic approach, knowledge formalization, comparative analysis. According to the results of the study, the problematic field of Russia's technological development is systematized, including 8 key blocks (improving the institutional environment, managing transaction costs, strengthening technological immunity, ensuring technological sovereignty, balanced development, achieving technological parity with world leaders, minimizing technological traps, technological singularity); A conceptual outline of Russia's technological development is constructed based on the triad "technological immunity – technological parity – technological sovereignty" proposed by the author; patterns of technological sovereignty of the national economy are revealed. The formulated provisions are recommended to be taken into account when improving strategic planning documents.

Keywords: national economy, technological development, technological sovereignty, technological immunity, technological parity, technological singularity, technological traps, bifurcation point

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflicts of interest.

Введение, цель

На фоне глобальных трансформаций российская экономика оказалась в точке бифуркации – состоянии, когда прежняя траектория развития уже неактуальна и макросистема нуждается в новой модели экономики, включая новые подходы к стратегическому планированию, совершенствование институциональной платформы технологического развития, новые механизмы распределения ресурсов, развитие системы образования с учетом подготовки кадров для новой экономики. В этой связи на первом плане стоят глобальные задачи национальной экономики – обеспечение технологического суверенитета, ускорение инновационно ориентированного экономического роста и выход на передовой уровень конкурентоспособности [1; 2].

Технологические изменения сопровождаются рисками и проблемами, требующими учета при планировании и прогнозировании экономического развития. На изучение и разработку путей преодоления разного рода проблем в условиях форсированного технологического развития направлены труды отечественных и зарубежных ученых. Институционально-технологические аспекты развития экономики нашли отражение в трудах Е. В. Балацкого, В. Ж. Дубровского, Е. Н. Старикова, И. Н. Ткаченко, Н. М. Тюкавкина, М. А. Юревича. Вопросы обеспечения технологического

суверенитета в России исследованы в трудах А. А. Афанасьева, А. М. Кушнира, Д. Х. Михайлиди, И. А. Продченко, А. В. Рагуткина, Д. О. Скобелева, В. К. Фальцмана, А. И. Шинкевича, С. В. Шкодинского. Проблеме технологической сингулярности уделили внимание Р. С. Голов, О. А. Золотарева, Н. И. Лаврикова, Э. Мартин, А. Потапов, Е. В. Сачкова, Д. О. Стрельников, Р. А. Тимофеева, Л. А. Третьякова, S. J. Jordan.

Вместе с тем перечисленные аспекты требуют системного анализа, в связи с чем видится необходимость сведения обширного перечня актуальных для России задач и сложностей в единую систему. Исходя из этого, сформулирована цель исследования – систематизация и исследование проблемного поля технологического развития России, а также формирование концептуального контура направлений развития страны.

Методы исследования

Теоретической основой исследования послужили научные публикации отечественных и зарубежных ученых, посвященные изучению разных граней технологического развития, документы стратегического планирования, аналитические доклады. Методами исследования послужили контент-анализ, системный подход, формализация знаний, сравнительный анализ. Комплексное использование указанных методов направлено на последовательное решение задач исследования:

1) систематизации и освещения проблем технологического развития России в современных условиях;

2) разработки концептуального подхода к управлению технологическим развитием России с учетом специфики категорий «технологический иммунитет», «технологический паритет» и «технологический суверенитет»;

3) изучения закономерностей технологической суверенизации национальной экономики.

Результаты и дискуссия

Анализ известных научных положений и документов стратегического планирования позволил выделить 8 блоков проблем технологического развития России.

Первый блок проблем связан с совершенствованием институциональной среды. Действующая система институтов пока не в полной мере способствует желаемой модернизации промышленности, требуется институционально-технологический подход, основанный на четкой идентификации технологий (индивидуальные, комменсальные, взаимные, симбиотические) [3; 4]. Вместе с тем Концепцией технологического развития на период до 2030 г. аргументирована потребность в качественной модернизации институциональной среды технологического развития, в частности институты поддержки отечественных технологий, интеграция бизнеса, науки и государства на договорной основе, институт «квалифицированного заказчика», цифровые сетевые коммуникации, преодоление регуляторных барьеров, стимулирование малых технологических компаний [2].

Второй блок проблем – управление транзакционными издержками. В условиях разрушения и реорганизации глобальных цепочек поставок, решения задачи оперативного поиска альтернативных поставщиков существенно возросли транзакционные издержки, сопровождающие обмен правом собственности. Внепроизводственные издержки растут с увеличением количества звеньев в цепях поставок, хозяйственных связей (в том числе в условиях параллельного импорта). Сократить данный вид издержек возможно посредством импортозамещения, локализации производства, промышленной кооперации [5].

Третий блок проблем – стимулирование технологического иммунитета. Его предложено трактовать как способность экономической системы поддержания собственной независимости в технологической сфере [6]. Проблема повышения иммунитета заключается в развитии и реализации внутреннего потенциала страны (прежде всего, интеллектуального) в условиях деструктивного влияния санкций и обновленной промышленной политики России.

Четвертый блок проблем – обеспечение технологического суверенитета, обусловленное укреплением технологического иммунитета. К данному блоку относятся задачи эффективной интеграции акторов (включая механизмы трансфера технологий), подготовки кадров, соответствующих новой модели экономики [4; 6–9], возмещения импорта одних видов продукции тождественным экспортом других [10], построения системы национальной безопасности, адекватной реалиям сегодняшнего дня [11].

Пятый блок проблем – сбалансированное развитие. Речь идет о целях устойчивого развития, которые необходимо учитывать в контексте обновленной технологической политики государства. В ходе выступления на пленарной сессии Петербургского международного экономического форума в июне 2022 г. Президент РФ подчеркнул, что «России нужно выстраивать все сферы жизни на качественно новом технологическом уровне ... Мы также продолжим работу в рамках проекта экономики замкнутого цикла, зеленых проектов и сохранения климата» [12]. В обновленной Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (от 28 февраля 2024 г.) помимо развития передовых технологий закреплены экологические аспекты, включая принципы «зеленой» экономики (переход к экологически чистой энергетике) [13]. Так, обеспечение баланса интересов общества в экологической, экономической и социальной плоскостях – важная задача для страны в условиях существенных технологических преобразований.

Шестой блок проблем – достижение технологического паритета с мировыми лидерами. Значимость данного блока также подчеркнута в Концепции технологического

развития на период до 2030 г. касательно развития критических технологий и обозначена как важное условие обеспечения технологического суверенитета [2]. Для этого необходимо сосредоточить внутренний потенциал на создании отечественных конкурентоспособных технологических решений [14].

Седьмой блок проблем – технологические ловушки. В настоящее время укреплению технологического иммунитета, обеспечению технологического суверенитета и достижению технологического паритета препятствуют разного рода институциональные и технологические ловушки – устойчивые неэффективные правила поведения. Они детерминированы выбором предприятия в пользу старых и менее эффективных производственных технологий, а не прогрессивных и продуктивных [15]. Согласно «Докладу Российского союза промышленников и предпринимателей о состоянии делового климата в 2023 году» причинами образования таких ловушек являются недостаток собственных финансовых средств, нехватка квалифицированного персонала, трудность привлечения заемных средств, усиление санкционного давления и др. [16].

Восьмой блок проблем связан с сингулярностью. Если предыдущие группы проблем поддаются регулированию путем государственного управления, то технологическая сингулярность – неуправляемый процесс технологического развития. Обеспечение технологического суверенитета может сопровождаться высоким риском технологической сингулярности в точках бифуркации и перехода к новым технологическим укладам. Преобладающее число исследователей рассматривает данную проблему в плоскости цифровой трансформации, подразумевая: угрозу в виде возможности искусственного сверхинтеллекта переобучаться в интересах собственной защиты и против человечества [17]; превосходство искусственного интеллекта над человеческим [18; 19]; дальнейшее развитие NBIC-технологий и сильный искусственный интеллект [20]. Напротив, другие ученые трактуют технологическую сингулярность с позиции инновационного развития, наращивания наукоемких производств [21], нелинейного технологического развития в результате на-

ращивания инновационного потенциала [22], метасистемных переходов, когда их скоростькратно увеличивается при кратном увеличении темпов роста [23], неуправляемости и необратимости технологического развития [24]. Кроме того, технологической сингулярности противопоставляют катастрофу, а вектор устойчивого развития трактуется как промежуточное состояние [25].

На основе вышеизложенного систематизировано проблемное поле технологического конкурентоспособного развития российской экономики (рис. 1).

Системный подход к решению обозначенных проблем направлен на минимизацию неопределенностей, повышение управляемости вектора трансформации экономической системы, преодоление точки бифуркации. Под ней понимается то неустойчивое, критическое состояние, в котором оказалась национальная экономика в результате депрессивного давления со стороны Запада, требующее пересмотра принципов технологического развития. Точка бифуркации имеет альтернативные аттракторы – точки притяжения, формирующие устойчивую траекторию развития и зависящие от результативности решения текущих проблем.

Учитывая известные и авторские положения, предложено объединить в один концептуальный контур категории «технологический иммунитет», «технологический суверенитет», «технологический паритет». Обозначенная триада видится выходом из точки бифуркации, в которой оказалась национальная экономика, и возможностью движения вдоль вектора сбалансированного развития на паритетных началах (рис. 2).

Развивая положения о технологическом иммунитете (ТИ) [6], предлагается выделить его ключевые детерминанты (эндогенные для экономической системы):

1) трудовой потенциал – совокупность возможных компетенций (инженерных, цифровых, коммуникативных, аналитических, управленческих и пр.), наиболее полная реализация которых способствует генерации актуальных, обоснованных, эффективных технологических решений, образующая фундамент развития;



Рис. 1. Проблемное поле технологического развития России
 Fig. 1. The problematic field of technological development in Russia

Источник: систематизировано автором.
 Source: systematized by the author.

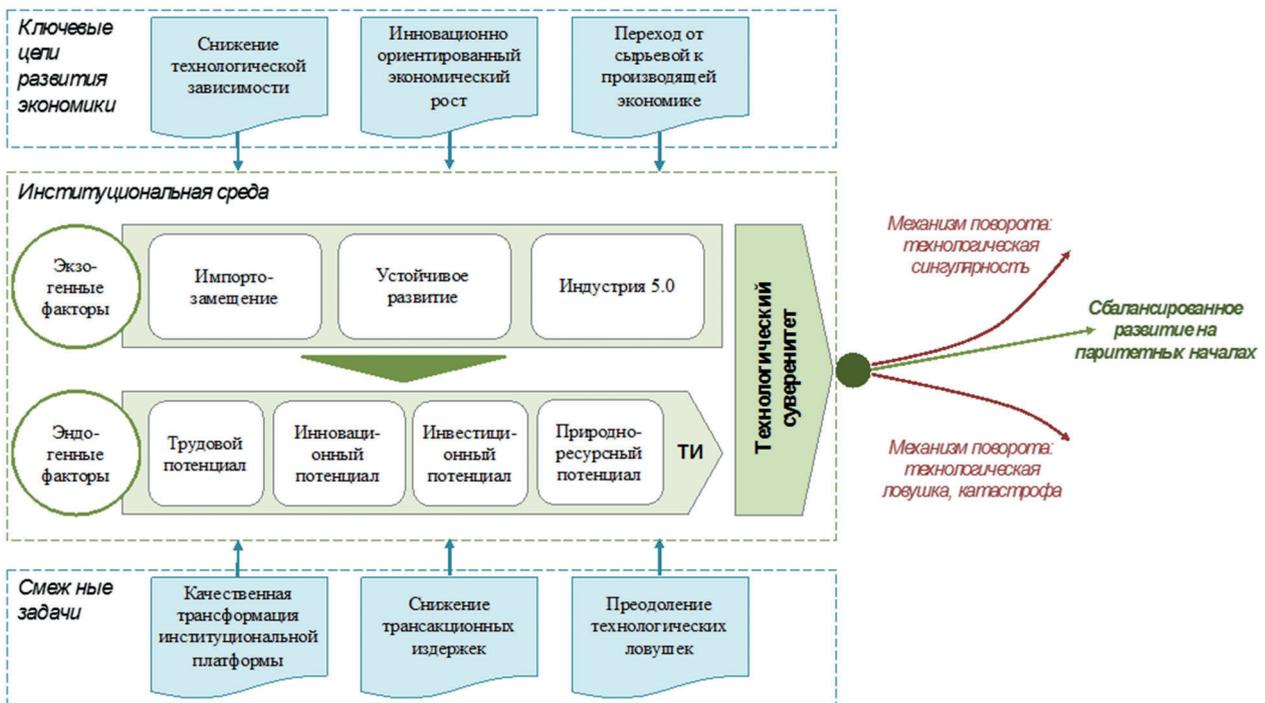


Рис. 2. Концептуальный контур технологического развития России
 Fig. 2. The conceptual outline of Russia's technological development

Источник: составлено автором.
 Source: compiled by the author.

2) инновационный потенциал – совокупность ресурсных компонентов, характеристик экономической системы, детерминирующая способность системы генерировать инновации;

3) инвестиционный потенциал – совокупность характеристик экономической системы, определяющая потенциальный объем привлечения инвестиций [26];

4) природно-ресурсный потенциал – совокупность природных ресурсов, климатических условий и т. д., обуславливающих отраслевую специфику и конкурентоспособность экономической системы.

Развитие и реализация трудового, инновационного, инвестиционного и природно-ресурсного потенциала подчинены:

– требованиям политики импортозамещения, в числе которых создание российскими разработчиками принципиально новых технологических решений, способных заместить импортируемую высокотехнологичную продукцию, или переключение на надежных поставщиков из дружественных стран;

– целям в области устойчивого развития, включая принципы циркулярной экономики, «зеленой» экономики, инновационного развития, экономического роста, социального равенства, благополучия населения и др.;

– ценностям Индустрии 5.0 (создание эффективных человеко-машинных систем), к числу которых относятся человекоцентричность, устойчивость, жизнестойкость [27].

Институциональная среда технологического суверенитета оптимизируется с учетом ключевых целей развития экономики России, а именно:

– снижения технологической зависимости в 2,5 раза (до 27,3 % к 2030 г.) [2];

– обеспечения инновационно ориентированного экономического роста за счет повышения уровня инновационной активности в 2,3 раза, увеличения затрат на инновации в 1,5 раза и других показателей [2];

– перехода от сырьевой к производящей экономике за счет локализации производства и импортоопережения высокотехнологичной продукции, как следствие, увеличение добавленной стоимости.

Принимая во внимание проблемное поле технологического развития, важным представляется учет смежных задач: качественной трансформации институциональной платформы технологического развития страны, снижения транзакционных издержек, преодоления технологических ловушек.

Выходом из точки бифуркации предложено рассматривать 3 траектории развития, дифференцированные по темпам технологического развития. В качестве аттракторов на рис. 2 обозначены:

1) поворот, характеризующийся технологической сингулярностью – снижением управляемости технологического развития в силу увеличения факторов неопределенности, непредсказуемостью инновационного развития;

2) сбалансированное развитие – согласованность целей социально-экономического развития, экологической ответственности, ресурсных возможностей, технологических приоритетов, человекоцентричности, технологического паритета с мировыми лидерами;

3) поворот, обусловленный технологическими ловушками, катастрофический путь – ухудшение показателей устойчивого развития, благополучия населения, социально-политическая деградация [25], выбор технологий по критерию предпочтения краткосрочной выгоды, упущенные технологические возможности.

Вместе с тем следует учитывать вероятность возникновения новых точек бифуркации, преодоление которых потребует больших ресурсозатрат [28].

В целях выявления закономерностей формирования технологического суверенитета предложено оценивать индикатор технологической суверенизации национальной экономики, включающий динамику (а именно темпы роста) показателей:

1) число разработанных передовых производственных технологий, ед.;

2) соотношение экспорта и импорта машин и оборудования, коэффициент (статистические данные для расчета показателя ограничены 2021 г.);

3) соотношение экспорта и импорта товаров и услуг в области информационно-коммуникационных технологий.

Итоговый индикатор сформирован по принципу средней геометрической перечисленных показателей и рассчитан за ряд лет

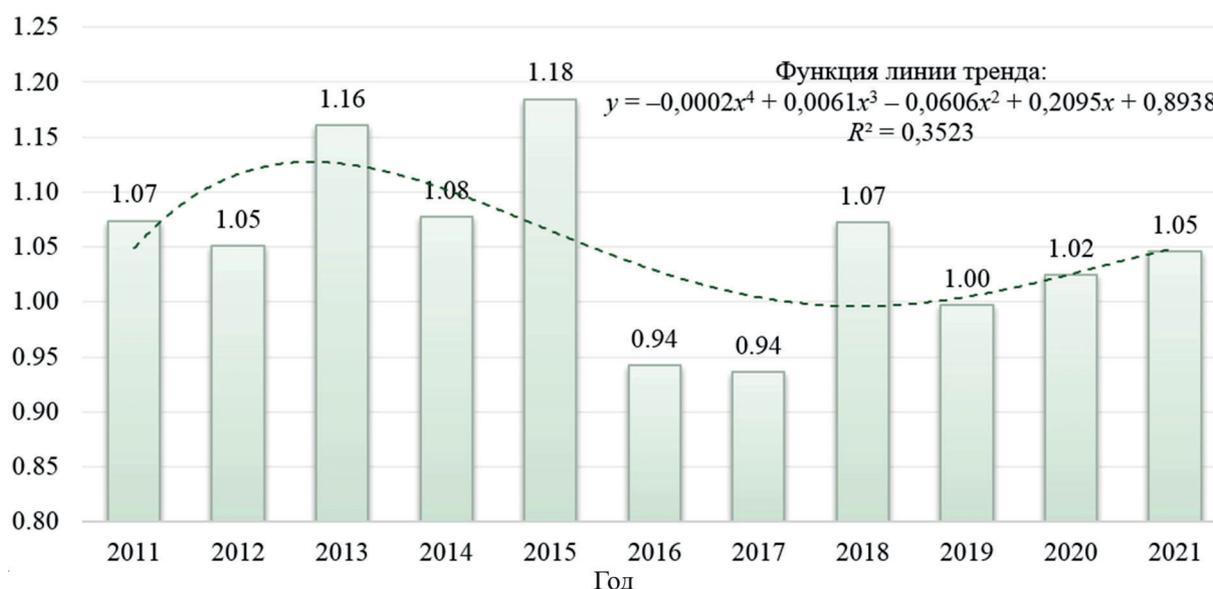


Рис. 3. Изменение индикатора технологической суверенизации России

Fig. 3. Changing the indicator of technological sovereignty of Russia

Источник: рассчитано автором.

Source: calculated by the author.

(рис. 3). Динамический показатель позволяет резюмировать сдержанные темпы технологического развития страны до 2022 г. Ожидая дополнения статистической базы Росстата, можно полагать, что с 2022 г. с повышением интенсивности качественных технологических трансформаций изменится динамика индикатора технологической суверенизации.

Заключение

Таким образом, технологическое развитие России сопряжено с рядом проблем, гармоничное решение которых может послужить устойчивой основой для качественной трансформации национальной экономики, выхода на путь сбалансированного развития. С учетом вышеизложенного сформулированы следующие результаты исследования:

1) систематизировано проблемное поле технологического развития России, включающее 8 ключевых блоков (совершенствование институциональной среды, управление транзакционными издержками, укрепление технологического иммунитета, обеспечение технологического суверенитета, сбалансированное развитие, достижение технологического паритета с мировыми лидерами, минимизация технологических ловушек, технологическая сингулярность), анализ которого позволяет

выявить причинно-следственные связи между экзо- и эндогенными факторами и может быть применен для разработки дорожной карты по обеспечению сбалансированного (по направлениям социально-экономического развития, экологической ответственности, ресурсных возможностей, технологических приоритетов, человекоцентричности, технологического паритета) роста страны, структурирования соответствующих управленческих решений;

2) построен концептуальный контур технологического развития России, основанный на предложенной автором триаде «технологический иммунитет – технологический паритет – технологический суверенитет», иллюстрирующий альтернативные сценарии выхода из сложившегося неустойчивого положения;

3) выявлены закономерности технологической суверенизации национальной экономики, состоящие в сдержанных темпах развития страны (в период до 2022 г.), но в то же время с повышательной динамикой за последние годы, что расценивается как позитивная тенденция.

Сформулированные положения развивают теоретические подходы к исследованию проблем технологического развития страны, могут быть рекомендованы к учету при совершенствовании документов стратегического планирования на федеральном и региональном уровнях управления.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Послание Президента Российской Федерации от 29.02.2024 г. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50431/page/1> (дата обращения: 26.10.2024).
2. Распоряжение Правительства РФ от 20 мая 2023 г. № 1315-р (ред. от 21.10.2024) «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_447895 (дата обращения: 25.10.2024).
3. Ткаченко И. Н., Дубровский В. Ж., Стариков Е. Н. Институционально-технологические факторы в промышленном развитии России // Изв. Саратов. ун-та. Новая сер. Сер. Экономика. Управление. Право. 2024. Т. 24, № 3. С. 312–321.
4. Юревич М. А. Кооперация университетов и бизнеса как фактор формирования технологического суверенитета // Проблемы развития территории. 2022. Т. 26, № 4. С. 47–60.
5. Тюкавкин Н. М., Манукян М. М. Локализация инновационных технологий промышленного производства как инструмент интенсификации политики импортозамещения // Вестн. Самар. ун-та. Экономика и управление. 2024. Т. 15, № 1. С. 95–103.
6. Галимулина Ф. Ф. Цифровые инструменты управления промышленным предприятием в условиях укрепления технологического суверенитета // Вестн. Белгород. ун-та кооперации, экономики и права. 2022. № 4 (95). С. 65–72.
7. Организация инжинирингового центра для импортозамещения в промышленности / Д. Х. Михайлиди, А. В. Рагуткин, Д. О. Скобелев, А. Б. Сухатерин // Russian Technological J. 2023. Т. 11, № 4. С. 105–115.
8. Шинкевич А. И., Шогенов В. А. Некоторые аспекты обеспечения технологического суверенитета научно-производственного предприятия // Изв. Самар. науч. центра Российской академии наук. 2023. Т. 25, № 1 (111). С. 23–27.
9. Шкодинский С. В., Кушнир А. М., Продченко И. А. Влияние санкций на технологический суверенитет России // Проблемы рыночной экономики. 2022. № 2. С. 75–96.
10. Фальцман В. К. Технологические суверенитеты России. Статистические измерения // Современная Европа. 2018. № 3 (82). С. 83–91.
11. Афанасьев А. А. Технологический суверенитет как научная категория в системе современного знания // Экономика, предпринимательство и право. 2022. Т. 12, № 9. С. 2377–2394.
12. Пленарное заседание Петербургского международного экономического форума (17 июня 2022 года). URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/68669> (дата обращения: 25.10.2024).
13. Указ Президента РФ от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_470973/ (дата обращения: 25.10.2024).
14. Тюкавкин Н. М. Экономические процессы развития инноваций на базе национальной технологической инициативы // Вестн. Самар. ун-та. Экономика и управление. 2020. Т. 11, № 3. С. 27–34.
15. Балацкий Е. В. Модели рождения и распространения инноваций // Журн. экономической теории. 2013. № 1. С. 65–78.
16. Российский союз промышленников и предпринимателей. Аналитика. URL: <https://rspp.ru/activity/analytics/> (дата обращения: 25.10.2024).
17. Сачкова Е. В. Искусственный интеллект и технологическая сингулярность: этические вопросы // Позитив. Философские проблемы науки и техники. 2021. № 15. С. 187–193.
18. Мартин-Иогансон Э. Трансгуманизм: технологическая сингулярность или разрушение человечества? // Философия хозяйства. 2022. № 6 (144). С. 68–81.
19. Минченко А. А., Золотарева О. А. Экономический аспект проблемы технологической сингулярности // Экономика и банки. 2023. № 1. С. 69–77.

20. Стрельников Д. О. Милитаризация NBIC-технологий: от военной необходимости к технологической сингулярности // Современные философские исследования. 2024. № 1. С. 85–95. DOI: 10.18384/2949-5148-2024-1-85-95
21. Голов Р. С. Цифровая экономика в России и в мире – на пути к новому технологическому укладу // Науч. тр. Вольного экономического общества России. 2017. Т. 207, № 5. С. 355–363.
22. Тимофеева Р. А. Технологическая сингулярность и экономика России // Вестн. Ин-та экономики и управления Новгород. гос. ун-та им. Ярослава Мудрого. 2018. № 3 (28). С. 80–86.
23. Potapov A. Technological singularity: what do we really know? // Information (Switzerland). 2018. Vol. 9, № 4. P. 82. DOI: 10.3390/info9040082
24. Лаврикова Н. И., Третьякова Л. А. Тенденции развития инновационной экономики в рамках технологической сингулярности // Экономические и гуманитарные науки. 2023. № 12 (383). С. 3–11.
25. Jordan S. J. Sustainability – What Are the Odds? Envisioning the Future of Our Environment, Economy and Society // Humanities. 2013. № 2. P. 119–127. DOI: 10.3390/h2020119
26. Инвестиционный потенциал российских регионов в 2019 году. Методика. URL: https://raex-rr.com/regions/investment_appeal/investment_potential_of_regions/2019/methods/ (дата обращения: 25.10.2024).
27. Бабкин А. В., Шкарупета Е. В., Плотников В. А. Управление кросс-отраслевым потенциалом развития в условиях Индустрии 5.0: теория, инструментарий и практические приложения // Экономическое возрождение России. 2022. № 2 (72). С. 50–65.
28. Антоненко Н. А., Бабаев А. Б., Наташкина Е. А. Цифровая экономика в контексте теории хаоса // Вестн. Тульск. филиала Финуниверситета. 2020. № 1. С. 274–276.

Информация об авторе

Галимулина Фариды Фидатовны – д.э.н., доцент, профессор кафедры логистики и управления, Казанский национальный исследовательский технологический университет (адрес: 420015, Россия, Казань, ул. К. Маркса, д. 68), ORCID: 0000-0002-5875-1988, SPIN-код автора: 3827-9265.

Статья поступила в редакцию 16.11.2024, принята к публикации после рецензирования 12.01.2025, опубликована онлайн 31.03.2025.

References

1. Address of the President of the Russian Federation of 29.02.2024. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50431/page/1> (accessed: 26.10.2024).
2. Order of the Government of the Russian Federation of May 20, 2023 No. 1315-r (as amended on 21.10.2024) «On approval of the Concept of Technological Development for the period up to 2030». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_447895 (accessed: 25.10.2024).
3. Tkachenko I. N., Dubrovsky V. Zh., Starikov E. N. Institutional and technological factors in the industrial development of Russia. Bulletin of the Saratov University. New series. Series: Economy. Management. Law. 2024, vol. 24, no. 3, pp. 312–321.
4. Yurevich M. A. Cooperation of universities and business as a factor in the formation of technological sovereignty. Problems of territorial development. 2022, vol. 26, no. 4, pp. 47–60.
5. Tyukavkin N. M., Manukyan M. M. Localization of innovative technologies of industrial production as a tool for intensifying import substitution policy. Bulletin of Samara University. Economics and Management. 2024, vol. 15, no. 1, pp. 95–103.
6. Galimulina F. F. Digital tools for managing an industrial enterprise in the context of strengthening technological sovereignty. Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. 2022, no. 4 (95), pp. 65–72.

7. Mikhailidi D. Kh., Ragutkin A. V., Skobelev D. O., Sukhaterin A. B. Organization of an engineering center for import substitution in industry. *Russian Technological Journal*. 2023, vol. 11, no. 4, pp. 105–115.
8. Shinkevich A. I., Shogenov V. A. Some aspects of ensuring the technological sovereignty of a research and production enterprise. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2023, vol. 25, no. 1 (111), pp. 23–27.
9. Shkodinsky S. V., Kushnir A. M., Prodchenko I. A. The impact of sanctions on the technological sovereignty of Russia. *Problems of Market Economy*. 2022, no. 2, pp. 75–96.
10. Faltsman V. K. Technological sovereignties of Russia. *Statistical measurements. Modern Europe*. 2018, no. 3 (82), pp. 83–91.
11. Afanasyev A. A. Technological sovereignty as a scientific category in the system of modern knowledge. *Economy, entrepreneurship and law*. 2022, vol. 12, no. 9, pp. 2377–2394.
12. Plenary session of the St Petersburg International Economic Forum (June 17, 2022). URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/68669> (accessed: 25.10.2024).
13. Decree of the President of the Russian Federation of 28.02.2024 No. 145 «On the Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_470973/ (accessed: 25.10.2024).
14. Tyukavkin N. M. Economic processes of innovation development based on the national technological initiative. *Bulletin of Samara University. Economics and Management*. 2020, vol. 11, no. 3, pp. 27–34.
15. Balatsky E. V. Models of the birth and dissemination of innovations. *Journal of Economic Theory*. 2013, no. 1, pp. 65–78.
16. Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs. *Analytics*. URL: <https://rspp.ru/activity/analytics/> (accessed: 25.10.2024).
17. Sachkova E. V. Artificial Intelligence and Technological Singularity: Ethical Issues. Position. *Philosophical Problems of Science and Technology*. 2021, no. 15, pp. 187–193.
18. Martin-Iohanson E. Transhumanism: Technological Singularity or the Destruction of Humanity? *Philosophy of Economy*. 2022, no. 6 (144), pp. 68–81.
19. Minchenko A. A., Zolotareva O. A. Economic Aspect of the Problem of Technological Singularity. *Economy and Banks*. 2023, no. 1, pp. 69–77.
20. Strelnikov D. O. Militarization of NBIC Technologies: From Military Necessity to Technological Singularity. *Modern Philosophical Research*. 2024, no. 1, pp. 85–95. DOI: 10.18384/2949-5148-2024-1-85-95
21. Golov R. S. Digital Economy in Russia and in the World – Towards a New Technological Order. *Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*. 2017, vol. 207, no. 5, pp. 355–363.
22. Timofeeva R. A. Technological Singularity and the Economy of Russia. *Bulletin of the Institute of Economics and Management of the Yaroslav the Wise Novgorod State University*. 2018, no. 3 (28), pp. 80–86.
23. Potapov A. Technological Singularity: What Do We Really Know? *Information (Switzerland)*. 2018, vol. 9, no. 4, p. 82. DOI: 10.3390/info9040082
24. Lavrikova N. I., Tretyakova L. A. Trends in the Development of Innovative Economy within the Framework of Technological Singularity. *Economic and Humanitarian Sciences*. 2023, no. 12 (383), pp. 3–11.
25. Jordan S. J. Sustainability – What Are the Odds? Envisioning the Future of Our Environment, *Economy and Society*. *Humanities*. 2013, no. 2, pp. 119–127. DOI: 10.3390/h2020119
26. Investment Potential of Russian Regions in 2019. *Methodology*. URL: https://raex-rr.com/regions/investment_appeal/investment_potential_of_regions/2019/methods/ (accessed: 25.10.2024).
27. Babkin A. V., Shkarupeta E. V., Plotnikov V. A. Managing cross-industry development potential in the context of Industry 5.0: theory, tools and practical applications. *Economic Revival of Russia*. 2022, no. 2 (72), pp. 50–65.
28. Antonenko N. A., Babaev A. B., Natashkina E. A. Digital economy in the context of chaos theory. *Bulletin of the Tula branch of the Financial University*. 2020, no. 1, pp. 274–276.

Information about the author

Farida F. Galimulina, DSc (Economics), associate professor, professor of the department of logistics and management, Kazan National Research Technological University (address: 420015, Russia, Kazan, K. Marksa St., 68), ORCID: 0000-0002-5875-1988, author SPIN code: 3827-9265.

The article was submitted on 16.11.2024, accepted for publication after reviewing on 12.01.2025, published online on 31.03.2025.

Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 78–88
St Petersburg Economic Journal. 2025, no. 1, pp. 78–88

Научная статья
УДК 004.056

МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА СЕМИОТИЧЕСКИХ КОНТЕКСТОВ СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНЫХ ДАННЫХ

MODELS FOR INTELLIGENT ANALYSIS OF SEMIOTIC CONTEXTS OF SOCIAL CULTURAL DATA

И. Ю. Коцюба

к.т.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), доцент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, igor.kotciuba@gmail.com

I. Yu. Kotsyuba

PhD (Technical), Associate Professor, Saint Petersburg Electrotechnical University, Associate Professor, ITMO University, Saint Petersburg, Russia, igor.kotciuba@gmail.com

Н. Н. Покровская

д.соц.н., к.э.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина); профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; профессор, Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия, nnp@spbstu.ru

N. N. Pokrovskaia

DSc (Sociology), PhD (Economics), Full Professor, Saint Petersburg Electrotechnical University; Full Professor, Peter the Great St Petersburg Polytechnic University; Full Professor, Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia, nnp@spbstu.ru

***Аннотация.** Рассматривается проблема анализа данных в области социально-культурной сферы на примере социальной мифологии. Проведен теоретический анализ исследований в области влияния мифов и нарративов на выбор модели поведения, отражены подходы в рамках институциональной экономики и социокультурного анализа к пониманию роли мифологической картины мира и восприятия реальности на реализацию поведенческих паттернов в индивидуальном и коллективном действии. Выявлена и обоснована необходимость поиска скрытых закономерностей социологической информации ввиду многообразия данных и их контекстов. В рамках цели развития доказательного подхода к анализу выбора индивидом модели поведения в конкретной ситуации требуется поиск наиболее адекватного подхода и разработка методологии анализа процесса принятия решения индивидом в действительности на основании мифологической картины мира с учетом особенностей исследуемой области. Данная статья посвящена изучению семиотических особенностей социально-мифологического дискурса с применением интеллектуального анализа данных. Проводится анализ текстовых данных мифологических текстов с использованием методов машинного обучения, графовых моделей. Результаты различных видов анализа интерпретируются с точки зрения семиотики социальной мифологии. Приводятся артефакты в виде графических представлений результатов инновационного анализа с содержательной интерпретацией для области социально-культурной сферы.*

***Ключевые слова:** социальная мифология, миф, социальные группы, социометрия, культурная семиотика*

© Коцюба И. Ю., Покровская Н. Н., 2025

Abstract. The article considers the problem of data analysis in the socio-cultural sphere using social mythology as an example. A theoretical analysis of studies in the field of the influence of myths and narratives on the choice of a behavior model is carried out, approaches within the framework of institutional economics and socio-cultural analysis to understanding the role of the mythological picture of the world and the perception of reality on the implementation of behavioral patterns in individual and collective action are reflected. The need to search for hidden patterns of sociological information due to the diversity of data and their contexts is identified and substantiated. As part of the goal of developing an evidence-based approach to analyzing an individual's choice of a behavior model in a specific situation, it is necessary to search for the most adequate approach and develop a methodology for analyzing the decision-making process of an individual in reality based on the mythological picture of the world, taking into account the features of the area under study. This article is devoted to the study of the semiotic features of socio-mythological discourse using data mining. The work analyzes text data of mythological texts using machine learning methods and graph models. The results of various types of analysis are interpreted from the point of view of the semiotics of social mythology. The article presents artifacts in the form of graphical representations of the results of innovation analysis with a meaningful interpretation for the socio-cultural sphere.

Keywords: social mythology, myth, social groups, sociometry, cultural semiotics

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Введение, цель

Инновационное развитие социально-культурной сферы приводит к необходимости изучения ее различных аспектов и анализа больших данных [1]. Зачастую всесторонний анализ сложных социальных процессов и моделирование социальных групп приводят к выявлению неявных закономерностей, влияющих на их функционирование в сфере общества в целом.

Одним из нетривиальных подходов к изучению понимания функционирования в обществе социальных групп является такой аксиологически нагруженный феномен, как социальная мифология [2]. Объектами анализа в этом научном направлении являются мифы как элементы системы процессов общественного развития [3], оказывающие влияние как на общественное сознание, так и на активизацию деятельности социальных групп [4; 5].

Миф как ресурс непротиворечивого отражения реальности в сознании человека используется человеком на всем протяжении истории, принимая разнообразные формы – от песен, сказаний и сказок до сложных религиозных текстов. Миф выступает инструментом реализации компонента компетентности, позволяющего человеку остановиться в процессе

бесконечного познания и начать действовать, обеспечивая нацеленность и готовность.

А. Ф. Лосев понимает под мифом онтологию, осмысление и превращение в понятия (как правило, словесно выраженные, вербализованные) восприятия мира как основания для проживания в нем жизни и осуществления в этом мире (каким он явлен в словах) действий или бездействия. Он считает, что «миф – это подлинная и максимально конкретная реальность» [6, с. 37], которая прекращает проблематизацию (свойственную рациональному научному мышлению) и «изначально содержит такие смыслы, которые заранее дают ответ на любые вопросы» [7, с. 123].

М. Элиаде считал, что мифологическое мышление снимает ужас перед случайной природой действительности, воспринимаемой как слепая игра случая, беспричинная и произвольная [8, с. 94].

Мифологические представления существовали на определенных стадиях развития практически у всех народов мира. Как явление они появились во времена первобытных людей. В этот период у человека преобладает синкретическое мышление. Иными словами, люди воспринимают окружающий их мир неразрывно с самими собой. Человеку на данном

этапе проще воспринимать природу как что-то одушевленное.

У людей проявляется потребность в описании окружающего мира, природных явлений в их причинно-следственной связанности и в целостной картине мира. Для этого они используют образы, которые впоследствии и будут составлять мифологию. Поэтому ее можно считать отражением коллективного подсознания народа и способом объяснения мира на ранних стадиях истории человечества.

В трудах Дж. Акерлофа [9], Й. Штиглица [10], Д. Канемана и др. [11] показана прямая связь между совершением выбора в принятии политических и экономических решений и содержанием верований и ценностных ориентаций. В исследовании И. А. Асанова, Д. Хайниш и Т. Луонга [12] доказано, что присутствие ряда сказочных сюжетов определяет экономическое поведение, типичное для культуры народа. Изучение мифологических текстов в экономической науке получило развитие на основе цифровых технологий семантического анализа текста [13].

Мифологическое мышление находится на границе иррационального и рационального, поскольку, с одной стороны, фокусируется на объединении объектов мира на основе вторичных чувственных качеств, а с другой – это попытка объяснить, например, природные явления языком искусственного кода, основанного на опыте человека [14].

По мере взросления человек использует все более разнообразные формы мышления, включая как мифологическое, так и рациональное. Индивид делает выбор между формами мышления в зависимости от их эффективности: затратное, медленное, аргументированное рациональное мышление используется для принятия технологических, инструментальных решений и выполнения сложных задач, в то же время эмоциональное оценочное суждение выносится человеком мгновенно на основании усвоенных в детстве образов и применяется для целеполагания и оценок интуитивного выбора там, где необходимо быстрое принятие решения.

В современном мире мифологические образы часто служат источником вдохновения для многих деятелей искусства. Помимо этого через

тексты можно понять основы мировоззрения различных народов, объяснить причины формирования тех или иных ценностей и оценить их влияние на современное общество. Результаты, полученные в ходе анализа мифологических текстов, могут способствовать этому.

Семиотика (или семиология) изучает свойства знаков и знаковых систем. Ее можно считать аналогом математики для социально-гуманитарного знания. Поскольку связь между знаком и значением, ему соответствующим, можно встретить почти везде – семиотика является междисциплинарной наукой и может быть применима во многих областях [15].

Согласно культурологу К. Леви-Строссу [16], мифологическое мышление состоит из процесса преобразования чувственного опыта человека посредством семиотической системы. А по причине того, что миф является инструментом, необходимым для функционирования мифологического сознания, считается, что миф сам по себе является семиологической системой.

После переосмысления структуры взаимоотношения между знаком и значением Г. Фреге добавляет третий элемент – смысл [17]. Согласно его концепции, один знак может иметь несколько значений [18]. В исследовании будут рассмотрены мифологические персонажи, представляющие собой знаки в парадигме семиотической системы. Как известно, мифические образы часто расширяются в их интерпретации и понимании: в изобразительном искусстве, в театральном искусстве, при разработке компьютерных игр и т. д. С точки зрения семиотики, у образов со временем появляются добавочные значения, которые мотивируют их эволюцию к условным символам, совмещающим несколько значений [19–21].

Таким образом, для анализа таких данных важно обращать внимание на образы, стоящие за встречающимися знаками. Необходимо верно интерпретировать полученные результаты, учитывая особенности отдельно рассматриваемого народа.

Методы исследования

Данные были собраны из цифровой энциклопедии Mythopedia методом парсинга. Для каждого рассматриваемого мифического персонажа были собраны такие данные, как:

1) общий обзор (overview), где кратко описывается основная деятельность персонажа;

2) этимология имени (etymology), где описываются основные трактовки имени и его вариации;

3) атрибуты (attributes), где описаны физические объекты, имеющие отношение к персонажу;

4) семья, семейные связи (family), где называются родительские, супружеские связи, дети и иные родственники;

5) мифология (mythology), где приводятся пересказы мифов, в которых персонаж проявляет деятельность.

Для корректного анализа семиотических данных необходимо учитывать культурный контекст каждого из исследуемых народов и интерпретировать результаты в соответствии с этим. Далее будут рассмотрены результаты анализа на примере мифологии ацтеков.

Анализ тональности текста является одним из методов компьютерной лингвистики и позволяет выявить в том числе эмоциональ-

ную окраску и отношение автора к объекту, описываемому в тексте. Народы, создавая знаковую систему в мифе, формируют имена для персонажей, основываясь на чувственном восприятии того явления, которое хотят описать. Поэтому с целью выявления каких-то особенностей в отношении народов к тем или иным персонажам был рассмотрен текст столбца etymology.

Результаты и дискуссия

С помощью Python и библиотеки NLTK была сформирована функция, присваивающая персонажу значение сентимента из списка: нейтральный, негативный, позитивный. Для удобства интерпретации результатов выведем имя персонажа, результат тональности и краткое описание персонажа. В результате получим таблицу, представленную на рис. 1.

Видно, что в основном все божества имеют позитивную оценку, с точки зрения значений слов, использованных для описания происхождения имени. Два бога имеют негативную оценку: Уицилопочтли (Huitzilopochtli)

	name	sentiment	brief
0	Chalchiuhtlicue	Positive	Prominent Aztec water goddess, patron of newbo...
1	Coatlicue	Neutral	Aztec fertility goddess wearing a serpent skir...
2	Huitzilopochtli	Negative	Aztec god of war, who led his people to found ...
3	Mictlantecuhtli	Positive	Skeletal Aztec god of death who ruled over Mic...
4	Mixcoatl	Neutral	Aztec god of the hunt, inventor of fire, and p...
5	Ometeotl	Positive	Aztec creator deity, formed of both Ometecuhtl...
6	Quetzalcoatl	Positive	Aztec Feathered Serpent deity, god of winds an...
7	Tezcatlipoca	Positive	The "Smoking Mirror," omnipresent Aztec deity ...
8	Tlaloc	Neutral	Aztec god of thunder and rain, whose blessings...
9	Tonatiuh	Positive	The fifth and current sun of the Aztecs, whose...
10	Xipe-Totec	Negative	The "Flayed One," Aztec god of agriculture, se...
11	Xochiquetzal	Positive	Youthful Aztec goddess of fertility, sexuality...

Рис. 1. Результат анализа тональности для ацтекской мифологии

Fig. 1. The result of a tonality analysis for Aztec mythology

Источник: составлено авторами по материалам проведённого исследования.

Source: made by the authors based on the results of the research.

и Шипе-Тотек (Xipe-Totec). Уцилопочтли, хоть и является основателем столицы ацтеков, представляет собой бога войны, что вызывает у людей негативные чувства. Шипе-Тотек же представляется божеством обновления природы, сельского хозяйства, что должно восприниматься позитивно. Однако значение его имени можно перевести как «тот, что со снятой кожей», и считалось, что он насылает на людей болезни и эпидемии. Получается, что, несмотря на положительные аспекты, связанные с его образом, бог, насылающий эпидемии, в большей мере вызывал негативные эмоции народа.

Для понимания того, какие семиотические знаки в большей мере характеризуют особенность системы для конкретного народа, был проведен анализ частотности слов. Для этого датафрейм был дополнен столбцом с токенами, полученными из столбца *mythology*, затем они были преобразованы в леммы. Из получившегося списка были удалены стоп-слова, характерные для английского языка: союзы, частицы и т. д. Также список стоп-слов был дополнен именами божеств, встречающихся в столбце *name*.

В результате (рис. 2) видно, что большинство слов можно связать с темой семьи (семья, сын, ребенок, отец, жена).

Можно заключить, что для системы мифологии народа ацтеков важную роль играет семиотический контекст семьи, что следует учитывать при анализе этой культуры.

Рассмотрим, какие внутренние темы характерны для мифологии ацтеков. В качестве кластерного анализа было проведено тематическое моделирование, решающее задачу нечеткой кластеризации. Поэтому его интерпретация может вызвать сложности. Был использован метод латентного распределения, принимающий на вход коллекцию «документов». В результате получаем темы, определенные униграммами (или *n*-граммами) с какой-то вероятностью, и «документы», относящиеся к полученным темам с какой-то вероятностью. Количество тем было задано вручную.

На предыдущих этапах текстовые данные были приведены к виду лемм, также были удалены стоп-слова. Для улучшения результатов тематического моделирования была проведена векторизация, позволяющая преобразовать нечисловые данные в векторные представления, к которым удобнее применять методы машинного обучения. Была создана функция, составляющая биграммы из имеющихся лемм. Большинство лемм остались униграммами, но

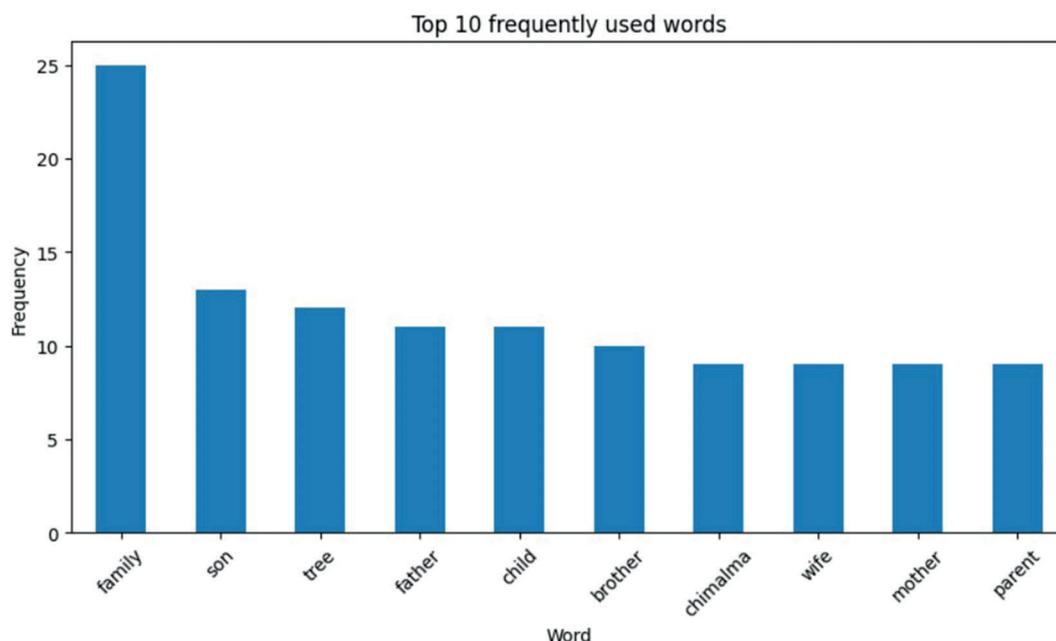


Рис. 2. Топ часто встречаемых слов в ацтекской мифологии

Fig. 2. Top frequently encountered words in Aztec mythology

Источник: составлено авторами по материалам проведенного исследования.

Source: made by the authors based on the results of the research.

некоторые были преобразованы в биграммы. Был создан словарь из составленных n -грамм, затем определена частота документов в корпусе. Далее строим модель LDA, задавая количество тем, итерации, корпус и т. д.

Для визуализации тематического моделирования строим Intertopic Distance Map, на которой темы изображены кругами разного диаметра на координатной плоскости. Площадь круга пропорциональна количеству слов, относящихся к каждой теме в словаре.

Оптимальным значением для параметра «количество тем» оказалось 4. Таким образом, был построен график, отражающий 4 темы для мифологии ацтеков, не связанных друг с другом (рис. 3).

Затем необходимо интерпретировать темы по выделенным для каждой из них словам. В результате интерпретации был составлен следующий список тем, актуальный для ацтекской мифологии:

- 1) основание великого города ацтеков – Теночтитлана;
- 2) царство мертвых, загробный мир;
- 3) быт людей: охота, выращивание фруктов, овощей и т. д.;

4) создание всего мира.

Таким образом, был изучен семиотический контекст, релевантный для мифологии ацтеков. Следует отметить, что LDA-модель была построена неоднократно, и тема основания Теночтитлана во всех моделях имела наибольший диаметр. Это свидетельствует о важности этого сюжета в жизни народа ацтеков.

В одной из сделанных моделей отдельно выделялась тема жертвоприношений. Совмещая это с темой загробного мира, можно говорить об отличном от современного взгляде на смерть у народа ацтеков. Это подтверждает и позитивное отношение к богу смерти (см. рис. 1), выявленное ранее при анализе частотности. Соответственно, смерть в мифологии ацтеков может образовывать отдельный семиотический контекст, так как с ее образом связано многое в мифах.

Далее были построены графы, иллюстрирующие взаимоотношения и их характер между персонажами мифологии. Узлы графа формировались из имен, находящихся в столбце names, сравнивались с именами, встречающимися в столбцах mythology и family. Ребра в итоговом графе имеют разный окрас, в соответствии с правилом:

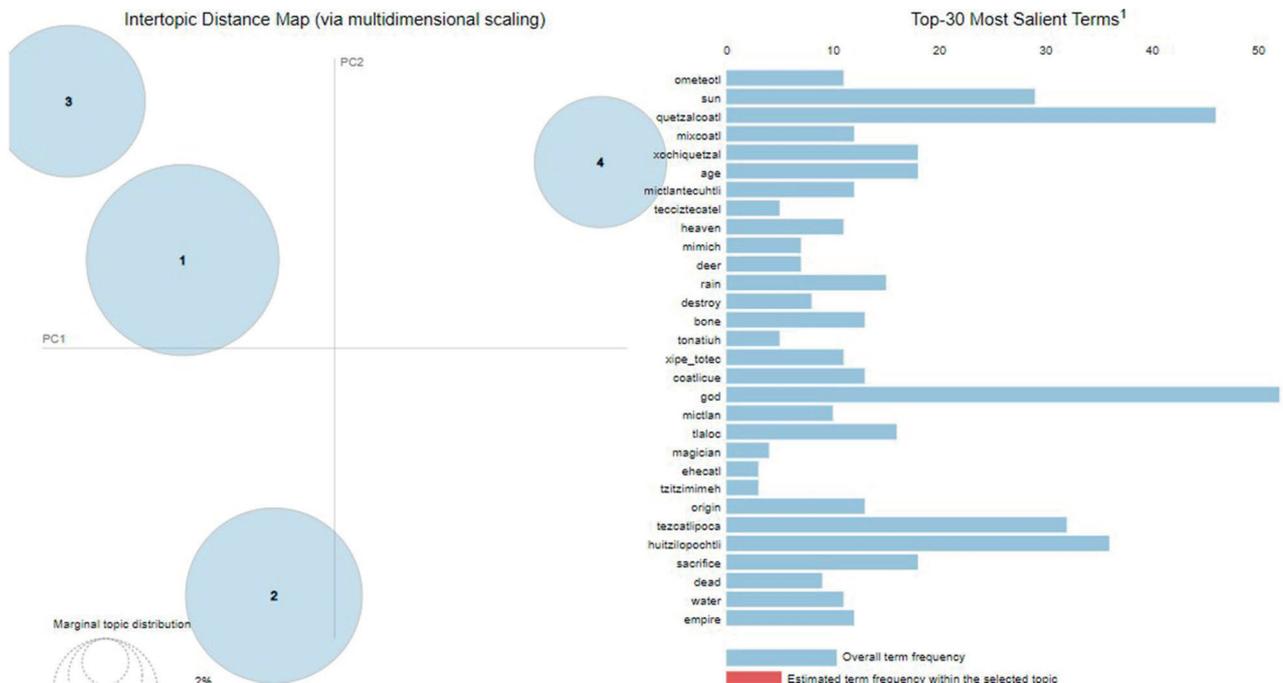


Рис. 3. Тематическое моделирование для ацтекской мифологии

Fig. 3. Mathematical modeling for Aztec mythology

Источник: составлено авторами по материалам проведенного исследования.

Source: made by the authors based on the results of the research.

1) если персонажи имеют пересечение только в столбце family, т. е. только родственную связь, ребро окрашивается в фиолетовый цвет;

2) если пересечение есть только со столбцом mythology, т. е. персонажи взаимодействуют только в мифе, ребро окрашивается в синий цвет;

3) если же персонажам присуща и родственная связь, и взаимодействие в мифе, ребро окрашивается в зеленый цвет.

Таким образом, можно оценить, характерно ли для мифологии активное взаимодействие между персонажами, много ли родственных связей можно наблюдать.

Для начала рассмотрим граф для ацтекской мифологии (рис. 4), которая является одной из наиболее древних и содержит в себе достаточно небольшое количество персонажей.

Семиотический контекст семьи, о котором говорилось на этапе анализа частотности

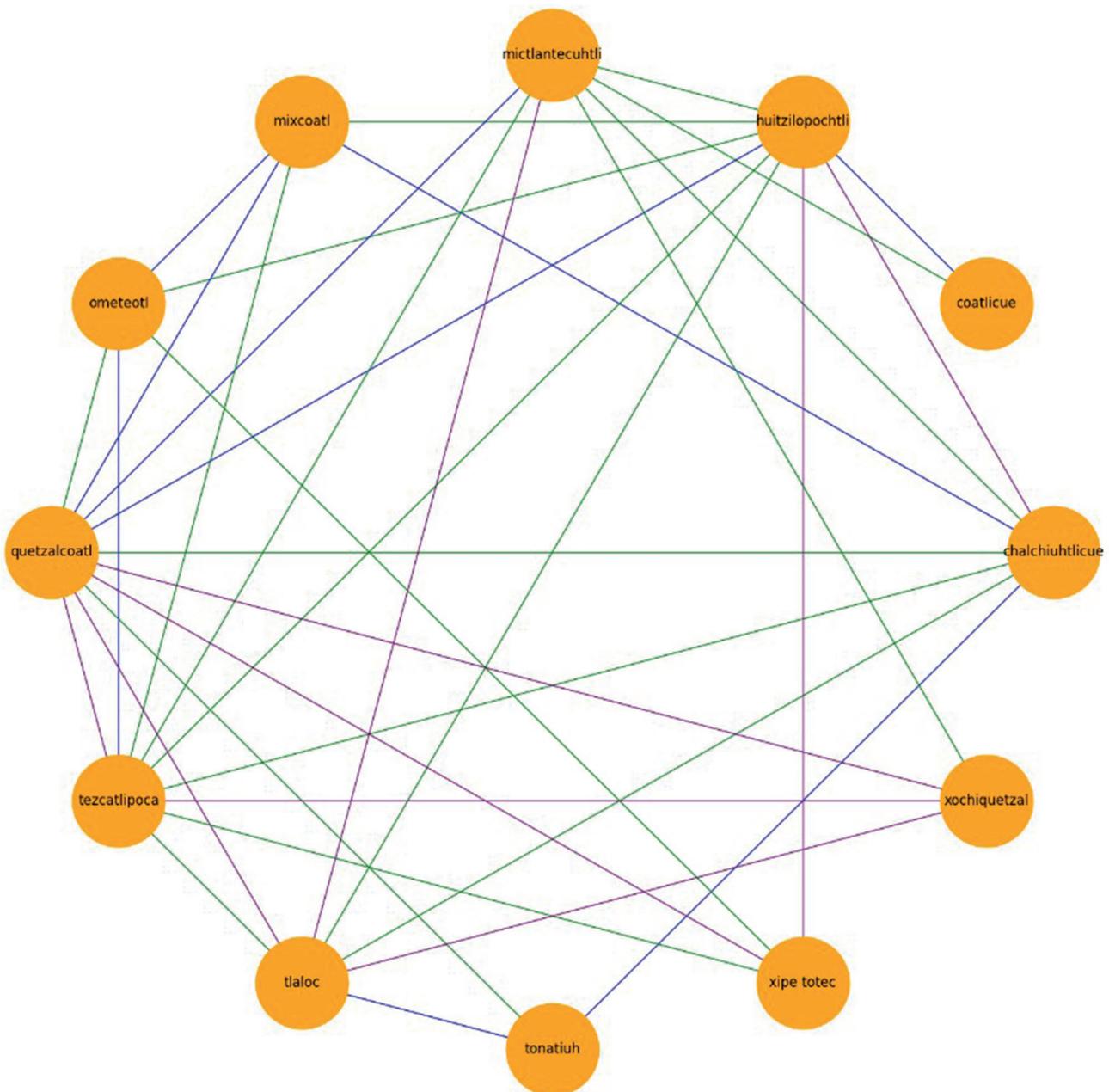


Рис. 4. Граф для ацтекской мифологии

Fig. 4. A graph for Aztec mythology

Источник: составлено авторами по материалам проведенного исследования.

Source: made by the authors based on the results of the research.

слов, находит подтверждение и на смоделированном графе, так как преобладают ребра, означающие родственные связи (зеленый и фиолетовый).

Далее для упрощения выделения особенностей структуры связей в ацтекской мифологии будем сравнивать граф с результатом моделирования для китайской мифологии (рис. 5).

Разница в структуре графа при сравнении ацтекской мифологии (рис. 4) с китайской (рис. 5) очень яркая. Если обратить внимание

на центральную группу акторов на рис. 5, видно, что по типу коммуникации структура напоминает штурвал, который на концах имеет игреки в нескольких ответвлениях. Если же рассматривать ацтекскую мифологию, то структура напоминает децентрализованную паутину (сложный круг) или цепь, поскольку не все персонажи связаны по внешнему кругу. Однако для мифологии ацтеков все равно характерно активное взаимодействие между персонажами.

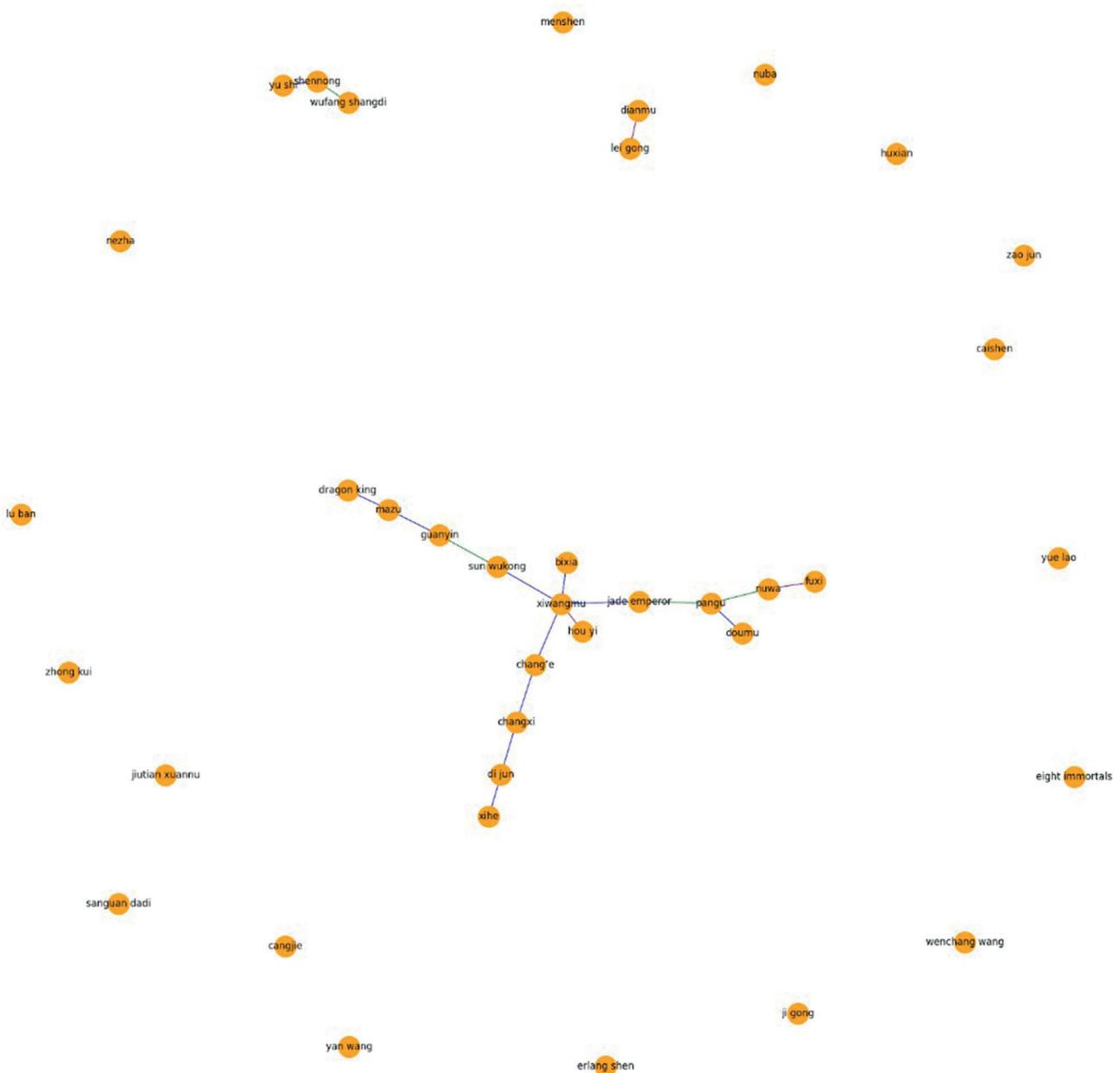


Рис. 5. Граф для китайской мифологии

Fig. 5. A graph for Chinese mythology

Источник: составлено авторами по материалам проведенного исследования.

Source: made by the authors based on the results of the research.

Также видно, что в сравнении с китайской мифологией в ацтекской отсутствуют изолированные вершины. Можно заключить, что для мифологии ацтеков важно, чтобы природные явления и элементы окружающего мира, находящие отражение в семиотической системе мифа, имели ту или иную связь.

Заключение

Результаты проведенного анализа позволяют предложить новые модели интеллектуального анализа для инновационного развития социально-культурной сферы. Проведенный количественный анализ позволил сделать важные выводы относительно

содержательной интерпретации в области социальной мифологии: определить позитивные и негативные оценки семиотических контекстов, важности сюжетов для культурно-исторического типа общества, в том числе отличные от современных взглядов. Анализ топологии социальных связей позволил определить важные социометрические показатели (централизованность, децентрализованность социальных структур, изолированность вершин в социальной сети, активность социального взаимодействия) и выявить специфику их различия для разных мифологических мировоззрений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ермашина Н. Д. Культурологический анализ первого в истории человечества типа культуры // Клио. 2024. № 9 (213). С. 184–193.
2. Иванов А. Г. Теории современной социальной мифологии // Вестн. ЧелГУ. 2018. № 2 (412). С. 18–27.
3. Иванов А. Г. Социальная мифология в политике // Logos et Praxis. 2017. № 3. С. 23–31.
4. Шинтарь Т. А. Архетипические образы современной социальной мифологии // Философская мысль. 2022. № 5. С. 31–40.
5. Батурина И. В. Метатренды и мифологемы тематики искусственного интеллекта западного научного дискурса // Изв. Саратов. ун-та. Новая сер. Сер. Философия. Психология. Педагогика. 2024. № 1. С. 14–18.
6. Лосев А. Ф. Диалектика мифа. М.: Мысль, 2001. 559 с.
7. Карпицкий Н. Н. А. Ф. Лосев: Феноменология мифологического сознания // Наука о человеке: гуманитарные исследования. 2010. № 6. С. 123–133.
8. Элиаде М. Космос и история. М.: Прогресс, 1987. 312 с.
9. Akerlof G. A., Snower D. J. Bread and bullets // J. of Economic Behavior & Organization. 2016. Vol. 126. P. 58–71.
10. Hoff K., Stiglitz J. E. Striving for balance in economics: Towards a theory of the social determination of behavior // J. of Economic Behavior & Organization. 2016. Vol. 126. P. 25–57.
11. Kahneman D., Knetsch J. L., Thaler R. H. Fairness and the Assumptions of Economics // The J. of Business. 1986. Vol. 59, Oct. № 4. Pt. 2. P. 285–300.
12. Asanov I., Heinisch D. P., Luong N. Folktale Narratives and Economic Behavior. MAGKS Joint Discussion Paper Series in Economics. 2020-09. Marburg: Philipps University Marburg, School of Business and Economics, 2020.
13. Baszczak Ł. Narrative Economics: An Emerging New Research Approach. Gospodarka Narodowa // The Polish J. of Economics. 2023. Vol. 313, № 1. P. 66–81. DOI: 10.33119/GN/159034
14. Прилуцкий А. М. К вопросу о семиотическом анализе мифологических дискурсов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 7. Философия. 2015. № 7. С. 39–46.
15. Валеева Л. В. Семиотическая модель мифа в языке // Ученые зап. Крымского федерального ун-та им. В. И. Вернадского. Филологические науки. 2011. № 1-1. С. 220–224.

16. Леви-Стросс К. Структурная антропология. М.: Наука, 1983. 535 с.
17. Фреге Г. Смысл и денотат // Семиотика и информатика. 1977. Вып. 8. С. 181–210.
18. Безгоднов Д. Н. Семиотическая динамика организационной культуры вуза: основные категории // Вестн. ВятГУ. 2013. № 2-3. С. 55–59.
19. Борко Т. И. Миф в зеркале семиотических концепций // Вестн. ТюмГУ. 2004. № 2. С. 105–111.
20. Ильин М. В., Фомин И. В. И смысл, и мера. Семиотика в пространстве современной науки // Политическая наука. 2016. № 3. С. 30–45.
21. Назаревич С. А., Митягина М. Н. Исследование динамики структуры организационных систем, реализующих инновационные процессы в условиях изменения конъюнктуры рынка труда // Петерб. экон. журн. 2024. № 2. С. 90–100.

Информация об авторах

Коцюба Игорь Юрьевич – к.т.н., доцент, ординарный доцент факультета инфокоммуникационных технологий, Национальный исследовательский университет ИТМО (адрес: 197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49); доцент кафедры инновационного менеджмента, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (адрес: 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5Ф), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1680-5597>, SCIENCE INDEX (РИНЦ) SPIN-код: 5296-3099.

Покровская Надежда Николаевна – д.соц.н., к.э.н., профессор, профессор кафедры инновационного менеджмента, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (адрес: 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5Ф); профессор высшей школы медиакоммуникаций и связей с общественностью, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (адрес: 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29); профессор кафедры связей с общественностью и рекламы, Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена (адрес: 191186, Россия, Санкт-Петербург, наб. Мойки, д. 48), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0795-8102>, SCIENCE INDEX (РИНЦ) SPIN-код: 9551-5297.

Статья поступила в редакцию 25.10.2024, принята к публикации после рецензирования 26.12.2024, опубликована онлайн 31.03.2025.

References

1. Ermishina N. D. Culturological analysis of the first type of culture in the history of mankind. *Klio*. 2024, no. 9 (213), pp. 184–193. (In Russ.)
2. Ivanov A. G. Theories of modern social mythology. *Vestnik ChelGU [Bulletin of Chelyabinsk State University]*. 2018, no. 2 (412), pp. 18–27. (In Russ.)
3. Ivanov A. G. Social mythology in politics. *Logos et Praxis*. 2017, no. 3, pp. 23–31. (In Russ.)
4. Shintar T. A. Archetypal images of modern social mythology. *Filosofskaya mysl' [Philosophical thought]*. 2022, no. 5, pp. 31–40. (In Russ.)
5. Baturina I. V. Meta-trends and mythologems of artificial intelligence topics of Western scientific discourse. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya «Filosofiya. Psikhologiya. Pedagogika»*. 2024, no. 1, pp. 14–18. (In Russ.)
6. Losev A. F. *Dialectics of myth*. M., Mysl, 2001, 559 p. (In Russ.)
7. Karpitsky N. N. A. F. Losev: Phenomenology of mythological consciousness. *Science of man: humanitarian studies*. 2010, no. 6, pp. 123–133. (In Russ.)
8. Eliade M. *Cosmos and history*. M., Progress, 1987, 312 p. (In Russ.)
9. Akerlof G. A., Snower D. J. Bread and bullets. *Journal of Economic Behavior & Organization*. 2016, vol. 126, pp. 58–71.

10. Hoff K., Stiglitz J. E. Striving for balance in economics: Towards a theory of the social determination of behavior. *Journal of Economic Behavior & Organization*. 2016, vol. 126, pp. 25–57.
11. Kahneman D., Knetsch J. L., Thaler R. H. Fairness and the Assumptions of Economics. *The Journal of Business*. 1986, vol. 59, October, no. 4, pt. 2, pp. 285–300.
12. Asanov I., Heinisch D. P., Luong N. Folktale Narratives and Economic Behavior. *MAGKS Joint Discussion Paper Series in Economics*. 2020-09. Marburg, Philipps University Marburg, School of Business and Economics, 2020.
13. Baszczak Ł. Narrative Economics: An Emerging New Research Approach. *Gospodarka Narodowa. The Polish Journal of Economics*. 2023, vol. 313, no. 1, pp. 66–81. DOI: 10.33119/GN/159034
14. Prilutsky A. M. On the Semiotic Analysis of Mythological Discourses. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 7. Filosofiya*. 2015, no. 7, pp. 39–46. (In Russ.)
15. Valeeva L. V. Semiotic Model of Myth in Language. *Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Filologicheskiye nauki*. 2011, no. 1-1, pp. 220–224. (In Russ.)
16. Levi-Strauss K. *Structural Anthropology*. M., Nauka, 1983, 535 p. (In Russ.)
17. Frege G. Meaning and Denotation. *Semiotika i informatika [Semiotics and Information Science]*. 1977, iss. 8, pp. 181–210. (In Russ.)
18. Bezgodov D. N. Semiotic dynamics of the organizational culture of the university: main categories. *Vestnik VyatGU*. 2013, no. 2-3, pp. 55–59. (In Russ.)
19. Borko T. I. Myth in the mirror of semiotic concepts. *Vestnik TyumGU*. 2004, no. 2, pp. 105–111. (In Russ.)
20. Ilyin M. V., Fomin I. V. Both meaning and measure. *Semiotics in the space of modern science. Politicheskaya nauka*. 2016, no. 3, pp. 30–45. (In Russ.)
21. Nazarevich S. A., Mityagina M. N. Study of the dynamics of the structure of organizational systems implementing innovative processes in the context of changing labor market conditions. *St Petersburg Economic Journal*. 2024, no. 2, pp. 90–100. (In Russ.)

Information about the authors

Igor Yu. Kotsyuba, PhD (Technical sciences), associate professor, associate professor of the faculty of the infocommunication technologies, National research university ITMO (address: 197101, Russia, Saint Petersburg, Kronverksky Ave., 49); associate professor of the Innovation management department at the Saint Petersburg Electrotechnical University (address: 197022, Russia, Saint Petersburg, Prof. Popov St., 5F), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1680-5597>, SCIENCE INDEX (РИИЦ) SPIN: 5296-3099.

Nadezhda N. Pokrovskaya, DSc (Sociology), PhD (Economics), full professor, professor of the innovation management department, Saint Petersburg Electrotechnical University (address: 197022, Russia, Saint Petersburg, Prof. Popov St., 5F); professor of the graduate school of media communications and public relations, Institute of Humanities, Peter the Great St Petersburg Polytechnic University (address: 195251, Russia, Saint Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29); professor of the department of the public relations and advertisement, Herzen State Pedagogical University of Russia (address: 191186, Russia, Saint Petersburg, Moika Embankment, 48), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0795-8102>, SCIENCE INDEX SPIN: 9551-5297.

The article was submitted on 25.10.2024, accepted for publication after reviewing on 26.12.2024, published online on 31.03.2025.

Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 89–102
St Petersburg Economic Journal. 2025, no. 1, pp. 89–102

Научная статья
УДК 338.49

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ НА БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

THE IMPACT OF DIGITAL TRANSFORMATION ON THE BUSINESS PROCESSES OF OIL PRODUCING ENTERPRISES

А. Андроник

аспирант, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, anastasia-andronic@mail.ru

A. Andronik

Post-Graduate Student, ITMO University, Saint Petersburg, Russia, anastasia-andronic@mail.ru

Л. В. Силакова

к.э.н., доцент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, silakovalv@itmo.ru

L. V. Silakova

PhD (Economics), Associate Professor, ITMO University, Saint Petersburg, Russia, silakivalv@itmo.ru

***Аннотация.** Цифровая трансформация играет важную роль в модернизации нефтедобывающей отрасли, которая в последнее время сталкивается с такими вызовами, как колебание цен на нефть и истощение традиционных ресурсов. Цель исследования – изучить влияние цифровой трансформации на бизнес-процессы и бизнес-модель нефтедобывающего предприятия. Актуальность работы обусловлена низким уровнем цифровой зрелости отрасли. В рамках исследования были проанализированы научная литература по теме исследования, стратегии и финансовая отчетность нефтедобывающих предприятий («Газпром нефть», «Лукойл», «Роснефть», «Татнефть»), проведено интервью с сотрудниками и выполнен сравнительный анализ практических кейсов внедрения цифровых технологий. Результаты исследования демонстрируют, что под влиянием цифровой трансформации модернизируются бизнес-процессы, что позволяет их оптимизировать, повысить эффективность и снизить затраты. Помимо этого изменяется бизнес-модель нефтедобывающего предприятия. Комплексный подход к проведению цифровой трансформации дает возможность определить интегральные эффекты для всей цепочки создания ценности нефтедобывающего предприятия. Подтверждается, что цифровая трансформация модернизирует не только бизнес-процессы, но и трансформирует бизнес-модель, что повышает конкурентоспособность предприятия. Полученные результаты могут быть использованы для разработки стратегии цифровой трансформации.*

***Ключевые слова:** цифровая трансформация, нефтедобывающее предприятие, бизнес-модель, бизнес-процессы, эффективность, цифровые технологии*

***Abstract.** Digital transformation plays an important role in modernizing the oil industry, which has recently been facing challenges such as fluctuating oil prices and the depletion of traditional resources. The purpose of the study is to study the impact of digital transformation on business processes and the business model of an oil producing enterprise. The relevance of the work is due to the low level of digital maturity of the industry. The research analyzed the scientific literature on the research topic, strategies and financial statements of oil producing enterprises (Gazprom*

Neft, Lukoil, Rosneft, Tatneft), conducted interviews with employees and conducted a comparative analysis of practical cases of digital technology implementation. The results of the study demonstrate that under the influence of digital transformation, business processes are being modernized, which allows them to be optimized, increase efficiency and reduce costs. In addition, the business model of an oil producing enterprise is changing. An integrated approach to digital transformation makes it possible to determine the integral effects for the entire value chain of an oil producing enterprise. It is confirmed that digital transformation modernizes not only business processes, but also transforms the business model, which increases the competitiveness of the enterprise. The results obtained can be used to develop a digital transformation strategy.

Keywords: digital transformation, oil production enterprise, business model, business processes, efficiency, digital technologies

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Введение, цель

В последние годы все секторы нефтяной промышленности (добыча, транспорт, переработка) столкнулись с растущим интересом к цифровой трансформации (ЦТ). С 2014 г. наблюдается резкое падение цен на нефть (с \$107,75 за баррель в 2014 г. до \$75 за баррель в 2024 г.), что привлекло внимание к данной теме, поскольку в этих условиях нефтедобывающие предприятия стали искать пути по снижению затрат и повышению эффективности работы. Ранее цифровые технологии в нефтедобывающей отрасли были ограничены и применялись для сбора и анализа данных с месторождений. Нефтедобывающая отрасль в настоящее время имеет низкую цифровую зрелость, что показывает исследование В. В. Юрака, И. Г. Полянской, А. Н. Малышевого «Оценка уровня цифровизации и цифровой трансформации нефтегазовой отрасли РФ» [1], и уступает таким секторам экономики, как медиаиндустрия, телекоммуникации, банковские услуги. В ближайшем будущем возможна значительная модернизация нефтедобывающей отрасли, затрагивающая не только технические операции производства, но и корпоративную культуру, и человеческий капитал, формирующая новые подходы к управлению и взаимодействию персонала, поскольку цифровая трансформация требует от компании оперативного реагирования на быстрые изменения, что делает гибкость и адаптивность ее ключевыми ценностями. В этих условиях сотрудникам необходимо развивать

цифровую грамотность и быть готовыми к экспериментам и к работе в условиях высокой неопределенности [2].

Таким образом, цифровая трансформация становится основным фактором изменения бизнес-процессов, влияние которой проявляется на всех уровнях деятельности компании, начиная от операционных процессов и заканчивая стратегическим управлением компании. Так, цифровая трансформация рассматривается как всеобъемлющий процесс, который затрагивает бизнес-процессы, бизнес-модель, организационную и корпоративную культуру.

В. Д. Ребрикова и А. В. Панина в исследовании «Цифровая трансформация и ее влияние на стратегическое управление бизнесом: методологические подходы» приходят к мнению, что цифровая трансформация меняет фундаментальные подходы к управлению, делая акцент на интеграции цифровых технологий в традиционные бизнес-процессы и обеспечивая тем самым устойчивое развитие компаний в эпоху технологической революции. В свою очередь, И. М. Морозова и С. В. Круглов в исследовании «Влияние цифровой трансформации на модели управления интеллектуальной собственностью» отмечают, что цифровая трансформация способствует оптимизации бизнес-процессов, тем самым повышая их эффективность, создавая, таким образом, новые возможности для повышения конкурентоспособности компании с помощью адаптации ее бизнес-модели. Н. А. Проница и А. С. Кудрявцев пришли к выводу, что

происходит трансформация операционных и управленческих процессов, открывается доступ к данным в режиме реального времени, улучшается корректность принятия решений и минимизируются риски. Это позволяет сделать вывод о том, что цифровая трансформация является стратегическим инструментом, который способствует развитию инновационной деятельности [3].

Немаловажным аспектом является то, что цифровая трансформация не ограничивается внедрением цифровых технологий в существующие бизнес-процессы, но также может оказывать значительное влияние на бизнес-модель компании. Таким образом, цифровые технологии (большие данные, интернет вещей, цифровой двойник, искусственный интеллект и др.) позволяют не только повысить эффективность, но и обеспечить новые возможности для создания ценности (включая новые источники доходов). В этих условиях компаниям необходимо пересмотреть свои текущие бизнес-процессы и подходы к управлению. Как итог, успешная реализация цифровой трансформации может не только оптимизировать существующие бизнес-процессы, но и привести к изменениям в бизнес-модели, что позволит компании быстрее реагировать на изменяющиеся условия [4].

Важной задачей, которой на данный момент уделено недостаточно внимания, является анализ влияния цифровой трансформации на ключевые бизнес-процессы нефтедобывающих компаний. Без системного подхода к исследованию изменений от проведения ЦТ процессы могут оставаться фрагментированными, а результаты – субоптимальными. Комплексный анализ позволяет определить взаимосвязи и оценить интегральные эффекты от внедрения цифровых технологий на уровне всей цепочки создания ценности. Успешная реализация цифровой трансформации компании требует стратегического и комплексного подхода, который охватывает все аспекты деятельности. Только совокупный анализ позволяет компании понять полное влияние трансформации [5; 6].

Однако при этом влияние внедрения цифровой трансформации в разрезе бизнес-

процессов нефтедобывающих компаний в существующих научных исследованиях не раскрыто. Библиографический анализ показал, что научные работы зачастую ограничиваются анализом или оценкой экономического эффекта внедрения конкретных цифровых решений или их совокупности на уровне одного бизнес-процесса, что не позволяет рассмотреть совокупные изменения. Так, авторы выделяют крупные модели искусственного интеллекта (ИИ) как обладающие большим потенциалом увеличения скорости принятия решений и повышения эффективности работы предприятия нефтяной отрасли. Другие авторы анализировали влияние технологии ИИ на отдельные этапы цепочки создания ценности нефтяной отрасли (разведка и добыча) или внедрение технологии интернета вещей для мониторинга и контроля данных с нефтедобывающих установок в режиме реального времени [7]. В научных работах приводятся примеры повышения эффективности отдельных процессов, но при этом не представлен комплексный анализ всех видов бизнес-процессов, включая управленческие.

Таким образом, исследование модернизации бизнес-процессов на системном уровне и оценки эффектов проведения цифровой трансформации является актуальным направлением и до сих пор считается недостаточно изученной областью.

В связи с этим была поставлена цель исследования – выявить влияние внедрения цифровых технологий на эффективность работы предприятия посредством анализа эволюции бизнес-процессов в нефтедобывающей отрасли до и после проведения цифровой трансформации.

Задачами исследования являются:

- анализ изменения бизнес-процессов до и после цифровой трансформации;
- качественная оценка показателей до и после внедрения цифровых решений;
- выявление внутренних и внешних факторов, которые способствуют успешной цифровой трансформации;
- анализ модификации бизнес-модели компании в результате цифровой трансформации.

Анализ степени модернизации процессов позволит оценить влияние цифровой транс-

формации на эффективность работы предприятия. Данное исследование не только дает понимание того, как внедрение цифровых технологий влияет на процессы предприятий, но и может послужить основой для дальнейших исследований эффективности цифровой трансформации нефтедобывающей отрасли.

Методы исследования

Ученые П. С. Погорелая, А. А. Богданова в работе «Анализ цепочки создания ценности на предприятиях нефтяной отрасли» представили схему цепочки создания стоимости (ценности) в нефтяной промышленности (рис. 1).

Исходя из рис. 1, каждое звено цепочки создания ценности включает в себя множество бизнес-процессов, которые работают согласованно, обеспечивая выполнение общей цели предприятия. Для повышения эффективности каждого звена цепочки создания ценности необходимо анализировать и оптимизировать бизнес-процессы для того, чтобы сократить затраты, повысить эффективность работы. Эффективное управление бизнес-процессами дает возможность быстро адаптироваться к условиям изменяющегося мира и повышения конкурентоспособности предприятия.

Для более детального анализа воздействия цифровой трансформации на бизнес-процессы в нефтяной отрасли авторы сосредоточились на сегменте добычи, который охватывает основные процессы разведки, бурения и эксплуатации месторождений. Данный сегмент играет важную роль в цепочке создания ценности и является

самым трудоемким и высокотехнологичным. Именно в сегменте добычи цифровая трансформация может обеспечить наибольший эффект, так как данный сегмент полностью зависит от точности данных, скорости принятия решений и эффективного использования ресурсов.

В исследовании проводится критический анализ литературы по теме влияния цифровой трансформации на бизнес-процессы нефтедобывающего предприятия, нормативных и аналитических материалов, а также стратегий и финансовой отчетности крупных нефтедобывающих предприятий, таких как «Газпром нефть», «Роснефть», «Лукойл», «Татнефть» за 2020–2024 гг. Процесс исследования включал:

- анализ научных работ зарубежных и отечественных авторов по теме цифровой трансформации нефтедобывающих компаний, а также нормативной документации, включая программу «Цифровая экономика России» и стратегий ЦТ компаний: ПАО «Газпром нефть», ПАО «Роснефть», ПАО «Лукойл», ПАО «Татнефть»;
- проведение интервью с сотрудниками «Газпром нефть», «Роснефть» с целью выявления всех процессов нефтедобывающей компании;
- анализ практических кейсов внедрения цифровых технологий, таких как большие данные, интернет вещей, роботизация, цифровые двойники, аддитивные технологии, блокчейн и виртуальная реальность, в компаниях «Газпром нефть», «Роснефть», «Татнефть» и «Лукойл». Информационной основой анализа

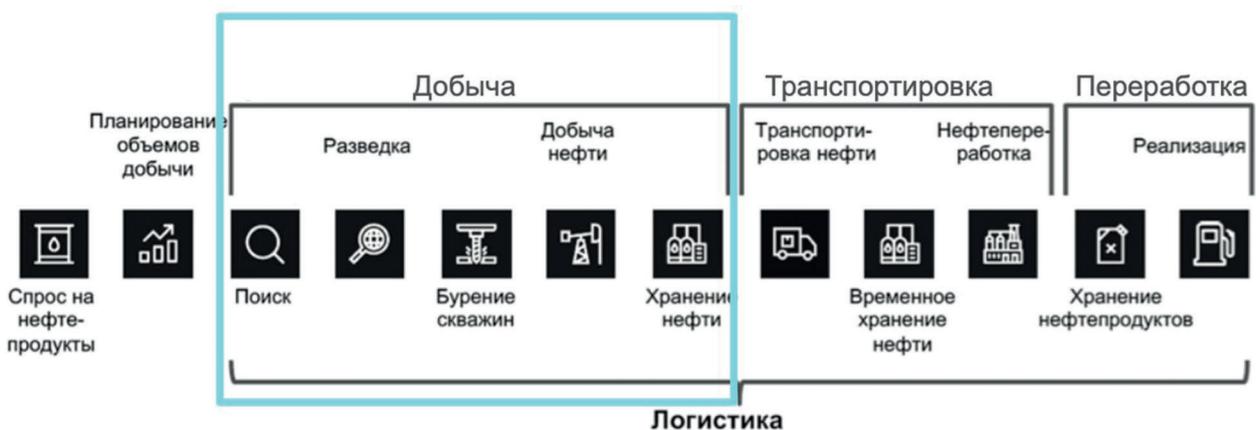


Рис. 1. Схема цепочки создания стоимости (ценности) в нефтяной промышленности (сырая нефть) [8]
 Fig. 1. Diagram of the value chain in the petroleum industry (crude oil) [8]

выступила аналитическая отчетность данных компаний за 2020–2024 гг.;

– выявлены изменения бизнес-процессов до и после внедрения цифровых технологий с помощью метода сравнительного анализа и анализа научных работ.

Результаты и дискуссия

Библиографический анализ работ по классификации бизнес-процессов в нефтедобывающей отрасли позволяет выявить общие взгляды ученых на тематику исследования. Так, Ф. Ф. Гильмутдинова в работе «Классификация бизнес-процессов в нефтегазовой компании» классифицировала все бизнес-процессы на основные, обеспечивающие, бизнес-процессы управления. К основным автор отнесла процессы, направленные на производство товаров, услуг, обеспечивающие доход предприятия; к обеспечивающим – процессы, которые оказывают поддержку инфраструктуре предприятия; к бизнес-процессам управления – процессы, охватывающие весь комплекс функций управления на уровне каждого бизнес-процесса и предприятия в целом. Схожего мнения придерживается Р. Джонсон в работе «Process Classification Framework (PCF) – Petroleum Upstream», также выделяя 3 группы процессов: основные, обеспечивающие и бизнес-процессы управления. М. Б. Джапаров, А. Х. Ибрагимова в работе «Бизнес-процессы нефтегазовых компаний и их учетно-информационное сопровождение в условиях цифровой экономики» классифицируют бизнес-процессы на основные, вспомогательные, поддерживающие и бизнес-процессы управления [9–11]. К основным процессам относятся процессы, непосредственно связанные с получением углеводородов, к вспомогательным – обеспечивающие работу основных процессов, к обеспечивающим – поддерживающие работоспособность всех процессов, к бизнес-процессам управления – управление на уровне каждого бизнес-процесса.

Исходя из вышеизложенного, авторы исследования придерживаются данной классификации и делят все бизнес-процессы нефтедобывающего предприятия на основные, вспомогательные и бизнес-процессы управления. Вспомогательные бизнес-процессы

связаны с обеспечением работоспособности основных бизнес-процессов и поддержания их специфических черт. Бизнес-процессы управления охватывают полный цикл управленческих функций на уровне отдельного бизнес-процесса [9; 10].

С учетом того, что в цепочке создания ценности (рис. 1) выделяются этапы поиска, разведки, бурения скважин, добычи, хранения нефти, детальная группировка бизнес-процессов с привязкой к этим этапам представлена на рис. 2. Группировка бизнес-процессов (рис. 2) является основой для анализа возможностей внедрения цифровых технологий, которые могут значительно повысить эффективность процессов. Для этого в табл. 1 приведены практические кейсы внедрения компаниями ЦТ и указаны затрагиваемые бизнес-процессы.

Исходя из табл. 1, можно сделать вывод, что внедрение современных технологий нефтедобывающими компаниями ведет к повышению эффективности, снижению затрат и оптимизации существующих бизнес-процессов, что, в свою очередь, сказывается на конкурентоспособности компании. Помимо этого примеры демонстрируют, что внедрение цифровых технологий способно менять традиционные бизнес-модели. К примеру, большие данные и интернет вещей создают основу для перехода на модель, где управление и мониторинг осуществляются в режиме реального времени, а цифровые двойники позволяют не только оптимизировать бизнес-процессы, но и приводят к формированию новых сервисов, связанных с дистанционным управлением. Это способствует переходу от традиционной бизнес-модели к более сложной экосистеме, включая цифровые сервисы и платформы. Для выявления изменения бизнес-модели необходимо проанализировать эволюцию бизнес-процессов до и после цифровой трансформации.

Таким образом, изменение бизнес-процессов в результате цифровой трансформации приводит к значительным преимуществам:

1. Снижению затрат, повышению производительности и минимизации простоев оборудования.



Рис. 2. Группировка бизнес-процессов нефтедобывающей отрасли [12]

Fig. 1. Grouping of business processes in the oil industry [12]

2. Повышению точности и прозрачности процессов и минимизации ошибки ручного труда.

3. Повышению экологичности и безопасности и сокращению рисков нарушения безопасности.

Исходя из табл. 2, можно предположить, что ЦТ приводит к изменению традиционной бизнес-модели, делая ее более ориентированной на данные. Анализ таких изменений в бизнес-модели нефтедобывающего предприятия до и после проведения цифровой трансформации на основе элементов шаблона бизнес-модели Остервальдера и Пенье представлен в табл. 3.

Исходя из табл. 3, цифровая трансформация влияет на изменения элементов, причем в разной степени, бизнес-модели нефтедобывающего предприятия, обеспечивая повышение эффективности, конкурентоспособности предприятия. Наиболее значительные

изменения происходят в следующих блоках бизнес-модели:

1. Сегменты клиентов: происходит расширение сегментов клиентов за счет появления новых услуг, таких как аналитика данных, мониторинг экологического состояния, создание цифровых двойников. Данное расширение объясняется такими факторами, как требования рынка (цифровые технологии создают новые возможности для монетизации данных и предоставления нового сервиса) и государственное регулирование (экологический мониторинг становится обязательным, что делает государственные структуры ключевым клиентом).

2. Ключевые партнеры: расширяется спектр партнеров ввиду появления и развития научных центров, стартапов, так как ЦТ требует компетенций и технологий, которые отсутствуют в традиционной модели бизнеса предприятия.

Табл. 1. Практические кейсы применения цифровых технологий
 Tab. 1. Practical cases of using digital technologies

Технология	Отечественные кейсы	Эффект от применения	Затрагиваемый бизнес-процесс
Большие данные	В августе 2015 г. компания «ПАО "Газпром нефть"» применила технологию предиктивной аналитики с целью управления электробежными насосами	Повышение добычи углеводородов на 10 %, повышение эффективности принятия решений на 25 %	O1, Y4, B1
Интернет вещей	Компания «ПАО "Роснефть"» применила на Илишевском месторождении датчики и сенсоры, которые передают все показатели, включая перемещение транспорта, действия сотрудников и большой набор данных по добыче	Сокращение времени простоя оборудования на 50 %, уменьшение потерь при добыче до 1–2 %, увеличение коэффициента нефтеотдачи до 5 %	O1, Y4, B1
Роботизация	Большинство компаний ВИНК используют беспилотники для поиска потенциальных нефтеносных месторождений	Сокращение времени простоя оборудования на 30 %, повышение уровня безопасности персонала, уменьшение времени на поиск потенциальных нефтеносных месторождений	O9, Y1, B1
Цифровые двойники	Компания «Татнефть» применила цифровые двойники для Ромашкинского месторождения	Снижение капитальных затрат на 15–20 %, снижение себестоимости продукции	O1, Y4, B1
Аддитивные технологии	Компания «Роснефть» применила на своих заводах технологию 3D-печати для производства узлов и деталей для оборудования	Сокращение времени простоя оборудования на 30 %	O6, Y5, B1
Блокчейн	Компания «ПАО "Газпром нефть"» установила радиочастотные метки на закупленные материалы, в результате чего данные фиксируются в блокчейне согласно условиям контракта	Снижение издержек до 5 %	Y5, B2
Виртуальная реальность	Компания «ПАО "Газпром нефть"» применяет смарт-очки с целью оптимизации складского учета с помощью автоматической фиксации результатов произведенных действий	Сокращение времени адаптации сотрудников с трех месяцев до трех недель, ускорение времени процесса сборки на 30–50 %	Y3, Y6, B3

Источник: составлено авторами на основе [10–14].

Source: made by the authors based on [10–14].

3. Ценностные предложения: изменения данного блока связаны с добавлением новых цифровых услуг (таких как анализ данных, мониторинг) и ускорением и точностью операций, что привлекает партнеров.

4. Структура издержек: изменение данного блока связано с увеличением затрат на разработку, внедрение и сопротивление цифровых технологий. Одновременно с этим снижается доля затрат на персонал, ремонт и эксплуатацию оборудования в связи с автоматизацией процессов. Эти изменения показывают, что ЦТ требует существенных инвестиций в начальной стадии, но компенсируется в долгосрочной перспективе.

5. Потоки доходов: изменения в данном блоке обусловлены возникновением новых источников дохода, включая лицензирование платформ, подписку на аналитические услуги, а также консалтинговые и обучающие программы для персонала. Значительное влияние на эти потоки связано с внедрением инновационных решений, которые требуют освоения новых компетенций, обработки актуальных данных и предоставления дополнительных сервисов.

В связи с данными изменениями бизнес-модель становится более динамичной, клиенто-ориентированной и эффективной, что дает возможность предприятию стать лидером рынка благодаря применению передовых решений.

Табл. 2. Выявление эффектов от реализации цифровой трансформации на бизнес-процессы нефтедобывающего предприятия

Tab. 2. Identification of the effects of digital transformation on business processes of an oil producing enterprise

№	Бизнес-процесс	До ЦТ	После ЦТ	Ожидаемые эффекты
У1	Стратегическое планирование и оперативное управление	Планирование основано на исторических данных и прогнозах, которые зачастую устаревают. Планирование и корректировка стратегии предприятия требует значительных трудозатрат	Прогнозирование на основе актуальных данных, получаемых на основе предиктивной аналитики	Повышение точности планирования, оптимизация распределения человеческих и материальных ресурсов
У2	Управление финансами и инвестициями	Управление финансами и инвестициями ведется вручную и с помощью разрозненных систем, в результате чего возрастает количество ошибок и отсутствует прозрачность в финансовых операциях	Формирование отчетности автоматически на основе ИИ, интеграция всех финансовых систем для прозрачности операций	Повышение скорости и точности принятия решений, повышение прозрачности финансовых операций
У3	Управление персоналом	Обучение и адаптация сотрудников требуют длительного участия руководителей и специалистов	Применение виртуальной реальности для оптимизации процесса обучения и адаптации сотрудников	Сокращение времени на обучение и адаптацию сотрудников, повышение качества обучения
У4	Управление качеством	Контроль качества производится выборочно и с задержками, что препятствует быстрому устранению дефектов и повышает количество ошибок	Непрерывный мониторинг и контроль качества в режиме реального времени с помощью использования интернета вещей	Уменьшение количества дефектов, повышение уровня соответствия стандартам качества
У5	Управление закупками	Системы управления закупками не интегрированы, информация собирается вручную. Отсутствует оперативный контроль за цепочками поставок	Оптимизация процесса отслеживания поставок и оптимизация процесса закупок	Снижение издержек, повышение прозрачности и сокращение времени выполнения заказов
У6	Корпоративное управление и коммуникации	Ограничения в коммуникации между подразделениями, затрудненный доступ к общей информации, что приводит к задержкам в принятии решений	Внедрение единой цифровой платформы для обмена информацией и улучшения корпоративной коммуникации	Улучшение качества коммуникаций
У7	Управление экономикой	Прогнозирование экономических показателей и оценки рентабельности предприятия производится на основе устаревших и неполных данных. Ограничение в применении аналитических инструментов снижает точность экономических моделей	Прогнозирование на основе эконометрических моделей в режиме реального времени, оперативный анализ данных	Повышение точности прогнозов, быстрое принятие экономических решений, минимизация финансовых рисков
У8	Экологическое управление	Контроль воздействия на окружающую среду осуществляется периодически и проводится с задержками, что приводит к рискам нарушения экологических стандартов	Мониторинг выбросов и состояния окружающей среды в режиме реального времени с помощью применения интернета вещей	Сокращение выбросов, улучшение показателей соответствия стандартам
О1	Добыча нефти	Управление добычей осуществляется на основе устаревших данных и ручных операций	Внедрение интернета вещей для получения данных с сенсоров и датчиков в режиме реального времени	Повышение эффективности добычи, снижение операционных затрат, снижение времени простоя оборудования
О2	Сбор и утилизация попутного газа	Высокие потери попутного газа ввиду несовершенства систем сбора	Внедрение интернета вещей для получения данных с сенсоров и датчиков в режиме реального времени	Снижение потерь газа, снижение вредных выбросов

Продолжение табл. 2
Continuation tab. 2

№	Бизнес-процесс	До ЦТ	После ЦТ	Ожидаемые эффекты
О3	Комплексная подготовка нефти и газа	Ручной контроль качества сырья и высокие трудозатраты на операции	Применение интегрированных систем для управления процессом подготовки нефти и газа	Повышение операционной эффективности, улучшение качества нефти
О4	Транспортировка и хранение нефти	Высокие риски потерь при транспортировке. Отсутствие единой системы мониторинга оборудования и трубопровода	Применение интернета вещей для отслеживания транспортировки продукции	Снижение потерь нефти, увеличение срока службы трубопровода
О5	Подземный ремонт скважины	Ремонт проводится по заранее утвержденному графику или при возникновении внештатных ситуаций	Применение предиктивной аналитики для определения оптимальных сроков ремонта	Сокращение времени простоя оборудования, снижение затрат на ремонт оборудования
О6	Наземный ремонт скважин и оборудования	Обслуживание происходит по графику, не учитывая состояние оборудования	Использование предиктивной аналитики для дистанционного контроля состояния оборудования	Уменьшение затрат на ремонт оборудования, сокращение времени простоя оборудования
О7	Капитальный ремонт скважины	Капитальный ремонт проводится нерегулярно, что приводит к износу оборудования. Используются ручные методы диагностики оборудования	Планирование капитального ремонта с помощью ИИ	Снижение времени износа оборудования, сокращение затрат на ремонт
О8	Нагнетание рабочего агента в пласт	Нагнетание рабочего агента осуществляется вручную, низкая точность регулирования и контроля за пластом	Контроль за нагнетанием в режиме реального времени с помощью использования интернета вещей	Повышение эффективности добычи, снижение затрат на рабочий агент
О9	Исследование скважин и пластов	Исследования требуют значительных затрат и ресурсов, проводятся эпизодически	Мониторинг работы скважины в режиме реального времени с помощью беспилотников и роботизации	Снижение затрат на исследование, повышение точности данных и будущих прогнозов добычи
О10	Монтаж и демонтаж механического и энергетического оборудования	Монтаж и демонтаж основывается на ручном труде и требует значительного времени. Отсутствует единый контроль процесса, в результате чего увеличивается риск ошибок и аварийных ситуаций	Применение роботов для проведения работ по монтажу и демонтажу	Сокращение времени на монтаж и демонтаж оборудования
О11	Региональные и геологические исследования	Исследования проводятся эпизодически, результаты часто не актуальны, требуют значительных финансовых и временных затрат	Применение беспилотников и роботов для мониторинга и контроля состояния месторождения в режиме реального времени	Снижение затрат на исследование, повышение точности полученных данных
В1	Инженерное сопровождение и ремонт оборудования	Ремонт и обслуживание оборудования ведутся по заранее утвержденному графику, что часто приводит к длительным простоям и высоким затратам. При диагностике используются ручные методы, что снижает эффективность и точность работы	Для прогнозирования отказов и поломок оборудования используется ИИ	Сокращение времени простоя, повышение срока службы оборудования
В2	Экологическое сопровождение и охрана окружающей среды	Мониторинг охраны окружающей среды производится вручную с периодическими проверками. Отсутствует возможность постоянного мониторинга	Контроль выбросов в режиме реального времени с помощью предиктивной аналитики	Снижение выбросов, повышение уровня соответствия стандартам

Окончание табл. 2
End tab. 2

№	Бизнес-процесс	До ЦТ	После ЦТ	Ожидаемые эффекты
B3	Финансовое сопровождение и бухгалтерский учет	Финансовая и бухгалтерская отчетность формируется вручную, что требует больших ресурсов	Внедрение ИИ для автоматического формирования отчетности	Сокращение времени на формирование и ведение отчетности, снижение количества ошибок и повышение прозрачности финансовых операций
B4	Юридическое сопровождение	Контроль соблюдения законодательства проводится вручную	Применение инструментов предиктивной аналитики для контроля и мониторинга нормативных изменений и своевременное реагирование на них	Снижение юридических рисков, повышение уровня соответствия нормативным документам
B5	Материально-техническое обеспечение	Процессы ведутся вручную, что приводит к задержкам поставок	Использование блокчейн для отслеживания поставок	Повышение прозрачности процесса и сокращение времени поставок

Источник: составлено авторами на основе [13–15].

Source: made by the authors based on [13–15].

Табл. 3. Изменение элементов бизнес-модели нефтедобывающего предприятия

Tab. 3. Transformation of the business model elements of an oil producing enterprise

№	Блоки	До ЦТ	После ЦТ
1	Сегменты	Основные партнеры: НПЗ, энергетические компании	Основные партнеры: НПЗ, энергетические компании. Промышленные партнеры: закупают услуги по анализу данных и прогнозированию. Государственные структуры: закупают услуги по мониторингу экологического состояния
2	Ключевые партнеры	Поставщики оборудования (насосов, датчиков). Транспортные компании для транспортировки сырой нефти. Подрядчики для проведения сложных буровых или ремонтных работ. Государственные органы для получения лицензий. Научные центры для сотрудничества в области инноваций	Поставщики платформ, облачных сервисов. Поставщики оборудования с применением интернета вещей. Университеты и научные центры для проведения исследований и разработки НИОКР. Стартапы для внедрения передовых технологий
3	Ценностные предложения	Стабильные поставки нефти. Способность удовлетворить спрос для промышленных нужд. Долгосрочные контракты и отсутствие перебоев в поставках. Соблюдение экологических норм	Оптимизация затрат на счет предиктивной аналитики. Передача данных в режиме реального времени. Создание и поддержка цифровых двойников, реализация удаленного мониторинга. Быстрое принятие управленческих решений на основе больших данных
4	Каналы коммуникаций	Использование трубопроводов, танкеров и автоцистерн для доставки нефти. Торговля через биржи. Прямые контракты с НПЗ, государственными структурами. Использование цифровых систем для отслеживания поставок	Использование цифровых сервисов и платформ для управления данными. Использование цифровой экосистемы для контроля и мониторинга процессов. Партнерские отношения с поставщиками инноваций. Выставки с решениями ЦТ. Прямые продажи инновационных технологических решений

№	Блоки	До ЦТ	После ЦТ
5	Отношения с клиентами	Стабильные контракты с клиентами. Репутация надежного поставщика нефти. Участие в отраслевых форумах	Обучение и оказание поддержки в работе с цифровыми технологиями. Оказание подписок на сервисы аналитики и мониторинга. Совместная разработка цифровых решений. Консультации на основе анализа
6	Структура издержек	Бурение скважин, строительство инфраструктуры, закупка оборудования. Транспортировка нефти, обслуживание оборудования. Расходы на персонал. Лицензионные платежи. Инвестиции в экологические программы	Построение ИТ-инфраструктуры. Разработка и поддержка ПО. Обучение и адаптация сотрудников. Обеспечение защиты данных. Исследование и реализация НИОКР
7	Потоки доходов	Продажа нефти. Доход от продажи прав на использование патентов. Реализация попутного газа и других, полученных при добыче	Продажа нефти. Лицензирование цифровых платформ и сервисов. Услуги цифровых двойников. Подписка на аналитику. Обучение и консалтинг услуг по цифровой трансформации
8	Ключевые виды деятельности	Добыча нефти	Добыча нефти. Разработка НИОКР и цифровых решений. Обучение персонала и партнеров новым инновационным решениям
9	Главные ресурсы	Главный актив – нефтяные месторождения. Оборудование. Персонал. Инфраструктура. Технологии и лицензии	Нефтяные месторождения. Цифровые платформы и сервисы. Данные. ИТ-инфраструктура. Персонал. Оборудование. Партнерские сети

Источник: составлено авторами на основе [7; 10; 15].
Source: made by the authors based on [7; 10; 15].

Заключение

Цифровая трансформация нефтедобывающих предприятий является важным фактором для повышения эффективности и конкурентоспособности компании в условиях быстро меняющегося мира. Внедрение таких технологий, как искусственный интеллект, интернет вещей, роботизация, виртуальная реальность, позволит оптимизировать существующие бизнес-процессы, повысить производительность, сократить затраты и минимизировать количество ошибок [16].

Проведенное исследование подтвердило, что цифровая трансформация является стратегически важным направлением развития. Комплексный анализ изменения бизнес-процессов

до и после ЦТ демонстрирует, что современные технологии способствуют более точному прогнозированию, повышению надежности и работоспособности оборудования.

В результате проведенного исследования на базе анализа практических кейсов было выявлено, что цифровая трансформация бизнес-процессов нефтедобывающих компаний может привести к значительному увеличению эффективности работы компаний и сокращению операционных затрат, что, в свою очередь, повысит конкурентоспособность компаний.

Результаты исследования представляют собой глубокий анализ трансформации бизнес-процессов и бизнес-модели нефтедобывающего предприятия. Результаты могут быть

использованы для разработки стратегии цифровой трансформации предприятия.

Таким образом, для достижения максимальных эффектов необходим стратегический и комплексный подход, который обеспечивает согласованность изменений на всех уровнях работы компании. В свою очередь, это требует

повышения цифровой грамотности персонала, интеграции технологий на уровне всей цепочки создания ценности [17].

Дальнейшее исследование видится в определении методов, инструментов и модели цифровой трансформации нефтедобывающих предприятий с целью повышения эффективности их работы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Юрак В. В., Полянская И. Г., Малышев А. Н. Оценка уровня цифровизации и цифровой трансформации нефтегазовой отрасли РФ // Горные науки и технологии. 2023. № 8 (1). С. 87–110.
2. Salam Al-Rbeawi. A Review of Modern Approaches of Digitalization in Oil and Gas Industry // Upstream Oil and Gas Technology. 2023. Vol. 11, № 11(2). P. 100098–100112. DOI: 10.1016/j.upstre.2023.100098
3. He Liu, Yili Ren. Research status and application of artificial intelligence large models in the oil and gas industry // Petroleum Exploration and Development. 2024. Vol. 51, № 4. P. 1049–1065.
4. Ali S. Allahloh. Application of Industrial Internet of Things (IIoT) in Crude Oil Production Optimization Using Pump Efficiency Control // Wireless Communications and Mobile Computing. 2022. Vol. 1, № 3. P. 1–17. DOI: 10.1155/2022/1005813
5. Ценжарик М., Крылова Ю., Стешенко В. Цифровая трансформация компаний: стратегический анализ, факторы влияния и модели // Вестн. Санкт-Петерб. ун-та. 2020. № 3. С. 390–420.
6. Вдовин А. Н. Формирование цепочек создания стоимости продукции предприятий топливно-энергетического комплекса России // Экономический анализ: теория и практика. 2011. № 44. С. 23–28.
7. Гильмутдинова Ф. Ф. Классификация бизнес-процессов в нефтегазовой компании // Инновационная наука. 2021. № 6. С. 91–93.
8. Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation / G. C. Kane, D. Palmer, A. N. Phillips, D. Kiron, N. Buckley // Becoming a Digitally Mature Enterprise, MIT Sloan Management Review Articles. 2015. Vol. 1, № 2. P. 139–164.
9. Saurav Kumar Sharma, Aisha Rani. The Role of IoT in Optimizing Operations in the Oil and Gas Sector: A Review // Transactions of Indian National Academy of Engineering. 2024. Vol. 9(6). P. 11–31. DOI: 10.1007/s41403-024-00464-9
10. Джапаров М. Б., Ибрагимова А. Х. Бизнес-процессы нефтегазовых компаний и их учетно-информационное сопровождение в условиях цифровой экономики // Управленческий учет. 2023. № 4. С. 75–82.
11. Digital transformation and trends for tapping connectivity in the oil and gas sector / Namrata Bist, Shlok Panchal, Rishabh Gupta, Akash Soni, Anirbid Sircar // Hybrid Advances. 2024. Vol. 6. P. 100256–100277. DOI: 10.1016/j.hybadv.2024.100256
12. Xueqin Dong, Dongdong Dong, Qing Yu. Impact of oil, gold, and energy prices on resources footprint // Evaluating the role of digital governance and financial development, Resources Policy. 2024. Vol. 92. P. 105001–105023. DOI: 10.1016/j.resourpol.2024.105001
13. Zhdaneev O. V., Frolov K. N. Technological and institutional priorities of the oil and gas complex of the Russian Federation in the term of the world energy transition // International J. of Hydrogen Energy. 2024. Vol. 58. P. 1418–1428. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2024.01.285
14. Трофимов В. В., Трофимова Л. А. О концепции управления на основе данных в условиях цифровой трансформации // Петерб. экон. журн. 2021. № 4. С. 149–155.

15. Стародубцева Е. Д. Современные подходы к применению концепции «Качество 4.0» на предприятиях // Петерб. экон. журн. 2020. № 4. С. 56–64.
16. Земенцкий Ю. В., Михайлов А. Е., Немиленцев М. К. Основные тенденции и особенности инновационного развития российской экономики // Петерб. экон. журн. 2020. № 1. С. 56–63.
17. Федорков А. А., Бирюков О. А. Цифровая экономика: особенности управления и тенденции развития // Петерб. экон. журн. 2017. № 3. С. 60–66.

Информация об авторах

Андроник Анастасия – аспирант, Университет ИТМО (адрес: 197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49А).

Силакова Любовь Владимировна – доцент, Университет ИТМО (адрес: 197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49А).

Статья поступила в редакцию 25.12.2024, принята к публикации после рецензирования 21.01.2025, опубликована онлайн 31.03.2025.

References

1. Yurak V. V., Polyanskaya I. G., Malyshev A. N. The assessment of the level of digitization and digital transformation of the oil and gas industry of the Russian Federation. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2023, vol. 8 (1), pp. 87–110. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-08-16
2. Salam Al-Rbeawi. A Review of Modern Approaches of Digitalization in Oil and Gas Industry. *Upstream Oil and Gas Technology*. 2023, vol. 11, no. 11 (2), pp. 100098 – 100112. DOI: 10.1016/j.upstre.2023.100098
3. He Liu, Yili Ren. Research status and application of artificial intelligence large models in the oil and gas industry. *Petroleum Exploration and Development*. 2024, vol. 51, no. 4, pp. 1049–1065.
4. Ali S. Allahloh. Application of Industrial Internet of Things (IIoT) in Crude Oil Production Optimization Using Pump Efficiency Control. *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2022, vol. 1, no. 3, pp. 1–17. DOI: 10.1155/2022/1005813
5. Tsenzharik M., Krylova Yu., Steshenko V. Digital transformation of companies: strategic analysis, factors of influence and models. *Bulletin of St Petersburg University*. 2020, no. 3, pp. 390–420.
6. Vdovin A. N. Formation of value chains of products of enterprises of the fuel and energy complex of Russia. *Economic analysis: theory and practice*. 2011, no. 44, pp. 23–28.
7. Gilmutdinova F. F. Classification of business processes in an oil and gas company. *Innovative science*. 2021, no. 6, pp. 91–93.
8. Kane G. C., Palmer D., Phillips A. N., Kiron D., Buckley N. Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation. *Becoming a Digitally Mature Enterprise*, MIT Sloan Management Review Articles. 2015, vol. 1, no. 2, pp. 139–164.
9. Saurav Kumar Sharma, Aisha Rani. The Role of IoT in Optimizing Operations in the Oil and Gas Sector: A Review. *Transactions of Indian National Academy of Engineering*. 2024, vol. 9(6), pp. 11–31. DOI: 10.1007/s41403-024-00464-9
10. Dzharparov M. B., Ibragimova A. Kh. Business processes of oil and gas companies and their accounting and information support in the digital economy. *Scientific Journal Managerial Accounting*. 2023, no. 4, pp. 75–82.
11. Namrata Bist, Shlok Panchal, Rishabh Gupta, Akash Soni, Anirbid Sircar. Digital transformation and trends for tapping connectivity in the oil and gas sector. *Hybrid Advances*. 2024, vol. 6, pp. 100256–100277. DOI: 10.1016/j.hybadv.2024.100256
12. Xueqin Dong, Dongdong Dong, Qing Yu. Impact of oil, gold, and energy prices on resources footprint. Evaluating the role of digital governance and financial deve-

lopment, Resources Policy. 2024, vol. 92, pp. 105001–105023. DOI: 10.1016/j.resourpol.2024.105001

13. Zhdaneev O. V., Frolov K. N. Technological and institutional priorities of the oil and gas complex of the Russian Federation in the context of the global energy transition. International Journal of Hydrogen Energy. 2024, vol. 58, pp. 1418–1428. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2024.01.285

14. Trofimov V. V., Trofimova L. A. On the concept of data-based management in the context of digital transformation. St Petersburg Economic Journal. 2021, no. 4, pp. 149–155.

15. Starodubtseva E. D. Modern approaches to the application of the concept of «Quality 4.0» in enterprises. St Petersburg Economic Journal. 2020, no. 4, pp. 5–64.

16. Zementskiy Yu. V., Mikhailov A. E., Nemilentsev M. K. The main trends and features of the innovative development of the Russian economy. St Petersburg Economic Journal. 2020, no. 1, pp. 56–63.

17. Fedorkov A. A., Biryukov O. A. Digital economy: management features and development trends. St Petersburg Economic Journal. 2017, no. 3, pp. 60–66.

Information about the authors

Anastasia Andronik, post-graduate student, ITMO University (address: 197101, Russia, Saint Petersburg, Kronverksky pr., 49A).

Lyubov V. Silakova, associate professor, ITMO University (address: 197101, Russia, Saint Petersburg, Kronverksky pr., 49A).

The article was submitted on 25.12.2024, accepted for publication after reviewing on 21.01.2025, published online on 31.03.2025.

Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 103–113
St Petersburg Economic Journal. 2025, no. 1, pp. 103–113

Научная статья
УДК 332.1:332.8

РАЗВИТИЕ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ: ПРИОРИТЕТЫ И АДАПТАЦИЯ К НОВЫМ УСЛОВИЯМ

DEVELOPMENT OF HOUSING CONSTRUCTION IN THE KRASNODAR TERRITORY: PRIORITIES AND ADAPTATION TO NEW CONDITIONS

Т. Е. Гварлиани

д.э.н., профессор, Сочинский государственный университет, Сочи, Россия, antana-tata@mail.ru

T. E. Gvarliani

DSc (Economics), Professor, Sochi State University, Sochi, Russia, antana-tata@mail.ru

И. А. Корнейчук

аспирант, Сочинский государственный университет, Сочи, Россия, igor.korneychuk92@gmail.com

I. A. Korneychuk

Post-Graduate Student, Sochi State University, Sochi, Russia, igor.korneychuk92@gmail.com

***Аннотация.** В данной статье анализируется развитие строительной отрасли на примере Краснодарского края. Авторами исследуются особенности строительной отрасли в рамках жилищного строительства и ее адаптация к новым экономическим условиям. Жилищное строительство представляет собой комплекс мероприятий, работ по проектированию, возведению и эксплуатации зданий и сооружений непроизводственного назначения. На данном этапе экономического развития оно является драйвером как строительной индустрии, так и ряда сопутствующих отраслей и приобретает особую актуальность. Авторы анализируют динамику строительства жилья, ввода жилья, индекс дохода населения, которые являются важнейшими факторами строительной отрасли. В статье исследованы важнейшие элементы производства строительных работ в Краснодарском крае.*

Следует отметить, что строительная отрасль требует особого внимания со стороны государства, так как затрагивает вопросы социальной поддержки населения. Рекомендуется разрабатывать комплексные программы, которые направлены на планирование и прогнозирование строительных процессов, также на строительство и возведение необходимых объектов инфраструктуры. Акцентируется внимание на решении экологических проблем в строительной отрасли. Адаптация к новым условиям диктует и новые условия строительства, которые связаны с экологически чистыми технологиями и материалами, что должно быть приоритетом для строительных организаций. Не менее важная задача – это доступность жилья для населения, поэтому со стороны государства должна быть продолжена разработка разных социальных программ. Особый акцент на это направление развития должны сделать региональные органы власти.

Целью данной статьи является выявление тенденции развития жилищного строительства в Краснодарском крае и формирование путей адаптации к новым условиям хозяйствования. В исследовании применялись общенаучные методы исследования, такие как индукция, дедукция, статистические методы исследования; методы обобщения и систематизации полученных информационно-аналитических данных.

© Гварлиани Т. Е., Корнейчук И. А., 2025

Ключевые слова: строительная отрасль, технологии, цифровизация, инновационные решения, социальная значимость, драйверы, регион

Abstract. This article examines and analyzes of the development construction industry on the example of the Krasnodar Territory. The author explores the concept of the construction industry. The concept of housing construction is becoming particularly relevant at this time, since housing construction is a complex of measures, works on the design, construction and operation of buildings and structures. The author also analyzes the dynamics of housing construction, the dynamics of housing commissioning, the dynamics of the income index of the population – which is the most important factor in the construction industry, etc. Also, the most important elements of the production of construction works in the Krasnodar Territory are presented. It is important to note that the construction industry requires special attention from the government and the public. It is recommended to develop comprehensive programs aimed at planning and forecasting construction processes, as well as the construction and erection of necessary infrastructure facilities. The second element in the construction industry is ecology, adaptation to new conditions dictates new construction standards that are associated with environmentally friendly technologies and materials, which should be a priority for construction companies. The third element is the affordability of housing for the population. In this case, it is necessary to develop various social programs for housing affordability to the population, which should become the main focus of the state authorities.

The purpose of this article is a theoretical and practical analysis of the dynamics of housing development in the Krasnodar Territory. The study used general scientific research methods, such as the analysis of literature sources, scientific articles, analytical data on the topic of the work; the method of statistics; methods of communication and systematization of the received information data.

Keywords: construction industry, technologies, digitalization, innovative solutions, social significance, drivers, region

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Благодарности: от ООО «Центр экономических и инженерных экспертиз "Стандарт"».

Acknowledgments: from «Center of economic and engineering examinations "Standard"» LTD.

Введение, цель

Строительная отрасль становится драйвером национальной экономики, так она способствует повышению благосостояния населения, влияет на социально-экономическое развитие государства и его регионов. Строительство – особая отрасль, в которой задействовано большое количество сопутствующих видов деятельности, значительные инвестиционные ресурсы. Развитие строительной отрасли сопряжено с появлением новых вызовов и задач, требующих научного осмысления и практического реагирования. Целью данной статьи является теоретический и практический анализ развития жилищного строительства в Краснодарском крае, выявление проблем его развития и направлений адаптации к новым экономическим реалиям. Методологической основой проведенного исследования по-

служили научные работы таких авторов, как С. А. Баронин, О. А. Милюшенко, А. Б. Мотаева, К. В. Северухин, К. А. Семенова, А. Д. Харитонов, Б. З. Шонтуков [1–3; 6; 7; 9–12] и др.

Методы исследования

В работе использованы такие методы исследования, как анализ источников литературы, научных статей, аналитических данных по теме работы; статистические методы; методы общения и систематизации полученных информационных данных.

Основу методологического аппарата составили общенаучные методы, включая индукцию и дедукцию, которые использовались для выявления общих закономерностей и тенденций в отрасли на основе частных примеров и эмпирических данных. Метод обобщения позволил систематизировать полученные информационно-аналитические материалы, что способство-

вало более целостному восприятию изучаемой проблемы. Помимо этого значительную роль в исследовании сыграл анализ научных источников, включающий изучение монографий, статей, аналитических отчетов и других публикаций, посвященных вопросам строительной отрасли. Это позволило определить ключевые аспекты современного состояния жилищного строительства, а также выявить факторы, влияющие на его динамику. Использование статистических методов обеспечило возможность детального рассмотрения количественных показателей, характеризующих отрасль, включая объемы строительства, показатели ввода жилья, индексы доходов населения и уровень спроса на недвижимость.

Результаты и дискуссия

Строительная отрасль развивается на основе применения современных цифровых и инновационных технологий, которые обеспечивают ускоренный и качественный процесс строительства. Сущность строительства как отрасли народного хозяйства и вида деятельности определяется его социальной и экономической значимостью, так как данная отрасль показывает уровень благосостояния населения страны. Также влияние на экономику происходит посредством создания рабочих мест, развития смежных отраслей, привлечения капитальных вложений и т. д.

В настоящее время жилищное строительство адаптируется к политическим и экономическим факторам, влияющим на все стороны его развития. Цифровизация и инновационные процессы, протекающие в России, прежде всего внедрение инновационных технологий и стандартизация, решают масштабные проблемы и задачи как экономического, так и производственного характера. Строительная отрасль представляет собой совокупность хозяйствующих субъектов и производств, объединяемых производственным, техническим и хозяйственным направлениями развития [4; 5]. По-иному можно сказать, что строительная отрасль – это самостоятельная организационно-объединяющая структура в экономике государства, которая предоставляет строительные работы и услуги.

Отметим, что строительная отрасль состоит из различных строительных направлений

деятельности, к которым относятся как работы по строительству зданий и сооружений, так и архитектурные работы, работы по реконструкции, реставрации, ремонту зданий и сооружений и т. д. В данной отрасли задействовано огромное количество организаций, которые производят оборудование для строительства, а также осуществляют строительные работы различного характера, государственные учреждения, которые регулируют данную деятельность, и т. д.

Строительная отрасль, по мнению О. А. Милушенко, представляет собой важную отрасль экономики, призванную обеспечить решение таких задач, как возведение зданий и сооружений, а также ремонт и обслуживание возведённых объектов. «Строительство – это сложный взаимосвязанный вид деятельности, включающий в себя услуги, которые сопровождают и дополняют процесс строительства, а также непосредственно сам процесс материального производства» [6, с. 14].

Строительная отрасль на сегодняшний день трансформируется наряду со всей экономикой на основе использования цифровизации и инновационных решений. Появилось интеллектуальное строительство, которое относится к полному циклу производства строительных работ посредством применения интеллектуальных систем. А. Б. Моттаева, В. Л. Кашинцева, И. А. Кубрак строительную отрасль полностью связывают с цифровыми и digital-технологиями, что на сегодняшний день является актуальным для данной отрасли. Это направление повышает уровень производительности труда, качество производимой продукции, также экономит ресурсы строительных компаний [3; 8]. Поэтому цифровые технологии становятся основным направлением развития строительной отрасли, так как они участвуют в процессах воспроизводства и обеспечивают качество производимых работ и услуг.

С повышением развития цифровых технологий как в строительной, так и в иных отраслях начинает повышаться и стоимость производственных процессов. Поэтому динамика развития строительной отрасли приобретает весьма интенсивный характер. Строительная

отрасль, в свою очередь, решает множество задач, которые касаются не только строительных и иных организаций, но и государственной власти и населения. Строительные организации реализуют данные виды работ с целью получения прибыли и инвестиционных вложений. Органы исполнительной власти, и прежде всего Минстрой России, Федеральная служба по атомному, технологическому и экологическому надзору, обеспечивают контрольные функции данной отрасли. Население является основным источником дохода этих организаций. Поэтому динамика строительной отрасли в целом зависит от многих факторов, которые влияют на всю ее деятельность.

Строительная отрасль является основным источником дохода бюджета как регионально-го, так и муниципального уровня. Рассмотрим строительную отрасль на примере Краснодарского края, который входит в состав Южного федерального округа. Население Краснодарского края на 2023 г. составляет 5831,7 тыс. жителей. И собственно строительная отрасль с учетом такого количества жителей развивается весьма стремительно. Например, количество возведенных застройщиками домов в Краснодарском крае составляет на 2023 г. 1006 ед., что на 164 ед. больше, чем в 2019 г., в 2020 г. данный показатель составлял 706 ед. Снижение динамики строительства объясняется рядом

факторов, прежде всего это пандемия коронавируса, так как было ликвидировано большое количество предприятий и произошло снижение потребительской активности (рис. 1) [1].

Проведенный анализ показывает, что в 2022 г. строительство домов в Краснодарском крае развивается, несмотря на санкции Запада против России, наблюдается динамика роста по сравнению с 2020 и 2021 гг., к 2023 г. появился спрос на недвижимость. Это, в свою очередь, повлияло на рост площади жилых домов: в 2023 г. площадь строительства составила 10 026,4 кв. м, что на 1196,7 кв. м больше по сравнению с 2019 г. В данной ситуации государство принимает важные меры по поддержке и стимулированию строительной отрасли посредством изменения законодательной базы, а также разработки и внедрения различных трендов для автоматизации процессов строительных работ. Государственная поддержка отрасли, и в частности жилищного строительства, способствует решению ряда актуальных задач: активизации процессов внедрения цифровых технологий, которые упрощают производственные возможности, решению вопроса социального обеспечения жильем населения, оказывая мультипликативное воздействие на развитие сопутствующих отраслей и обеспечение положительной динамики развития экономики в целом.

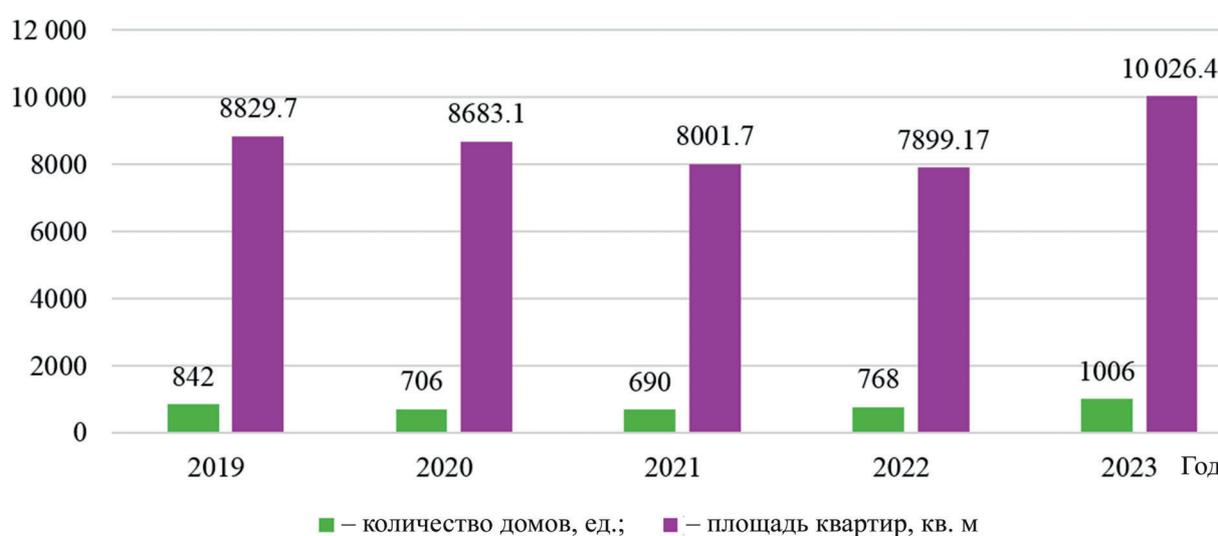


Рис. 1. Динамика изменения объектов и совокупного объема строительства в Краснодарском крае на 2019–2023 гг.

Fig. 1. Dynamics of changes in facilities and the total volume of construction in the Krasnodar Territory for 2019–2023

Данные строительства жилья застройщиками Краснодарского края за 2023 г.

Housing construction data by developers in Krasnodar Krai for 2023

Текущий объем строительства, кв. м	10 026 365
Среднемесячный ввод жилья застройщиками, кв. м	272 842
Количество выданных ипотечных жилищных кредитов, ед.	491
Средняя площадь строящихся квартир, кв. м	45,8
Средняя цена за 1 кв. м, р.	161 378
Доля ввода жилья застройщиками, %	42,7
Средневзвешенная ставка по ИЖК под ДДУ, %	3,47

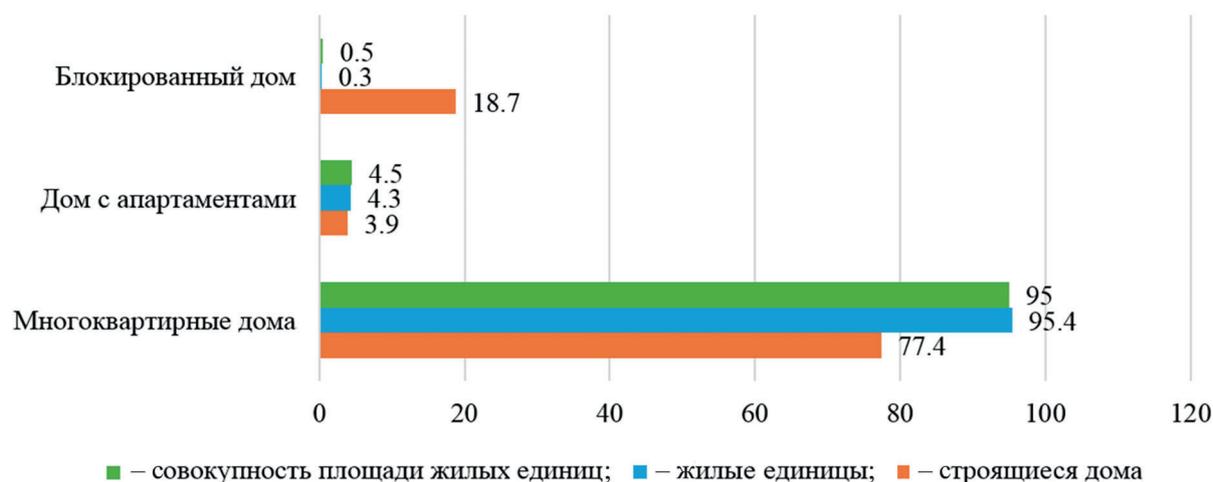


Рис. 2. Структура объема текущего жилищного строительства застройщиками, %

Fig. 2. The structure of the volume of current housing construction by developers, %

Отметим, что в 2023 г. текущий объем строительства составил 10 026 365 кв. м, среднемесячный объем введения жилья составил на 2023 г. 272 842 кв. м, цена за 1 кв. м составляла 161 378 р., что является значительным. Доля ввода жилья застройщиками в 2023 г. составила 42,7 % (таблица) [1].

В Краснодарском крае в 2023 г. потребительским спросом в основном пользовались многоквартирные дома (95,0 %), жилые единицы составили 95,4 %, доля строящихся домов составила 77,4 %. Наименьшая доля приходилась на дома с апартаментами ввиду их наибольшей стоимости за квадратный метр. Доля домов блокированной застройки составила 0,5 %, строящихся блокированных домов – 18,7 %. В данном варианте видно повышение запроса потребителя на блокированные дома в 2023 г. (рис. 2) [1].

Объем текущего жилищного строительства многоквартирных домов в Краснодарском крае составил в 2023 г. 9 523 812 кв. м, на дома с апартаментами приходилось 453 033 кв. м.

В анализе этажности жилых зданий можно выделить следующие группы: здания с 1–3 этажами составляют 2211 единиц, в то время как количество домов с 4–8 этажами достигает 8152. Наибольшее количество жилых объектов наблюдается в категории зданий с этажностью от 13 до 17 этажей, которое составляет 72 122 дома. Кроме того, здания с этажностью более 25 этажей насчитывают 37 515 единиц (рис. 3) [1].

По структуре наибольший вес приобретают 13–17-этажные дома – 31,3 %, а также 18–24-этажные дома – 30,7 %, наименьшая доля приходится на 1–3-этажные дома (рис. 4, 5) [1].

Что касается строительных организаций, участвующих в возведении многоквартирных жилых домов, то в Краснодарском крае на 2023 г. особо популярной стала компания AVA Group – 918 627 кв. м (рис. 6) [1].

В 2023 г. лидеры-застройщики, занимающиеся возведением наиболее крупных жилых объектов, также продемонстрировали вы-

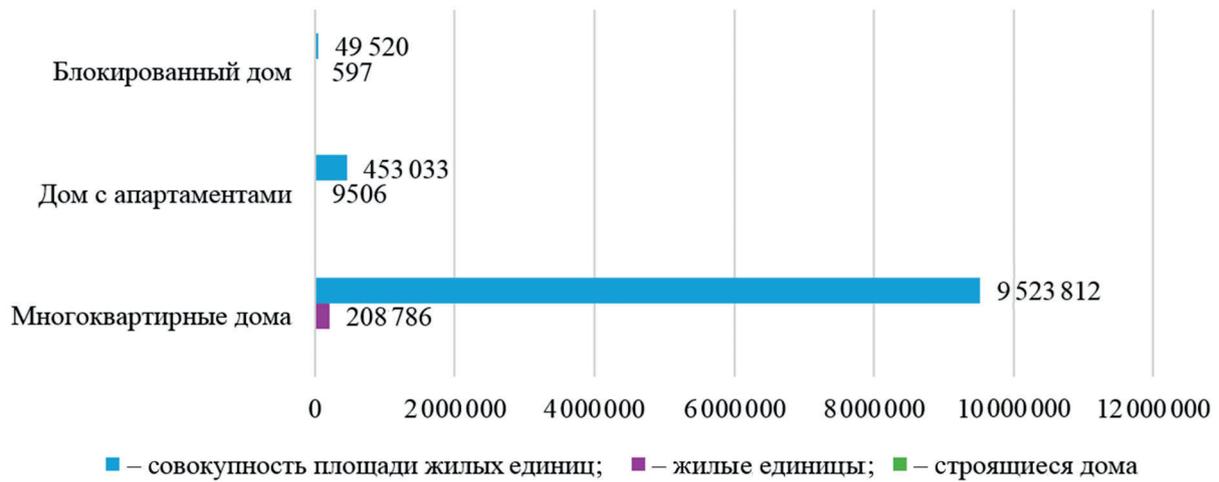


Рис. 3. Динамика объема текущего жилищного строительства застройщиками, ед.

Fig. 3. Dynamics of the volume of current housing construction by developers, units

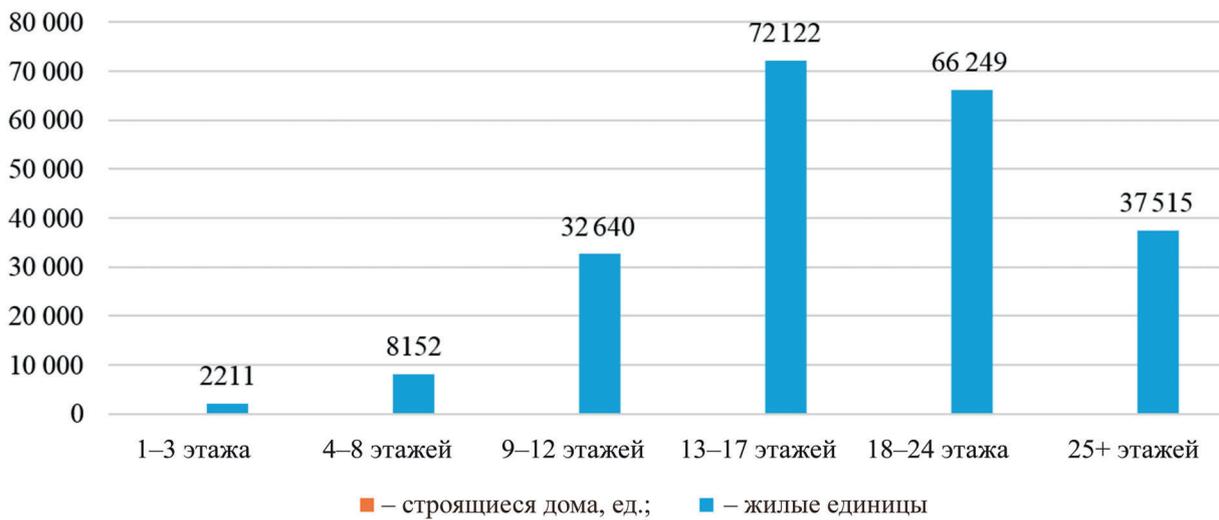


Рис. 4. Динамика строящихся домов в разрезе этажности в Краснодарском крае за 2023 г.

Fig. 4. Dynamics of houses under construction by number of storeys in the Krasnodar Territory in 2023

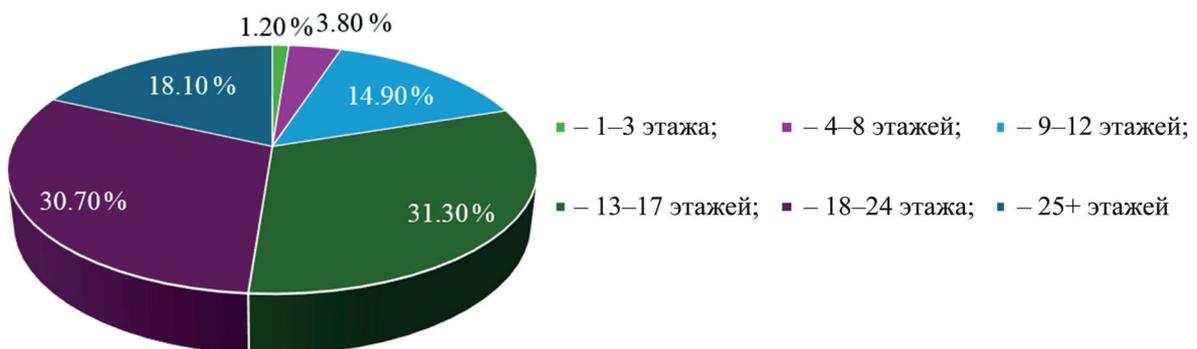


Рис. 5. Совокупность площади жилых единиц, кв. м

Fig. 5. Total area of residential units, sq. m

дающиеся результаты в области разработки дизайн-проектов. Наивысшую оценку за дизайн-решение получил жилой комплекс,

построенный компанией DOGMA, общая площадь которого составляет 57 748 кв. м. Кроме того, многопрофильный холдинг

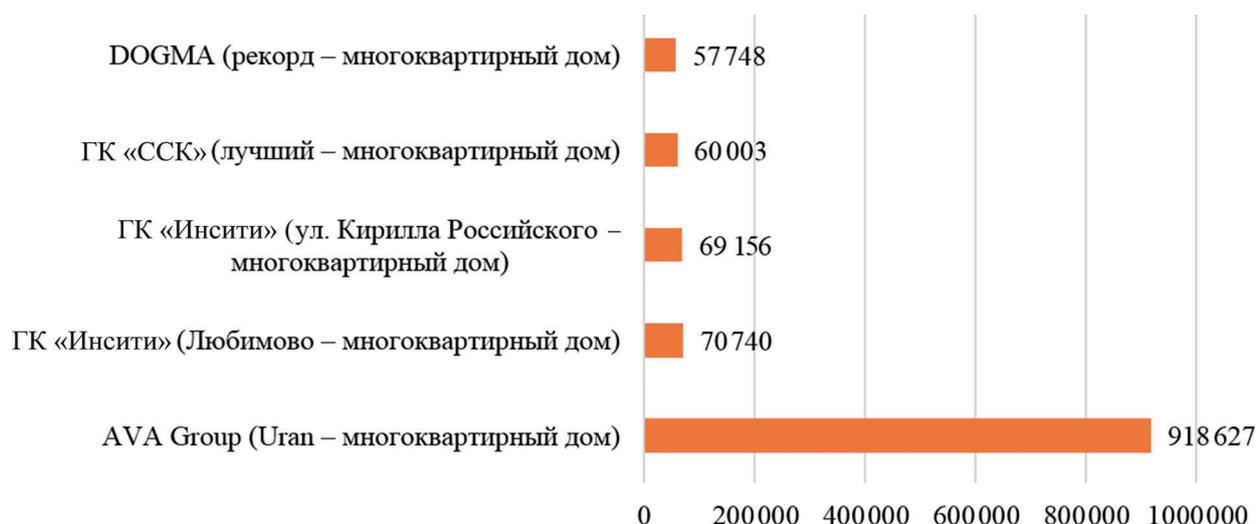


Рис. 6. Лидеры-застройщики по самым большим домам к 2023 г., кв. м

Fig. 6. The leaders-developers for the largest houses by 2023, sq. m

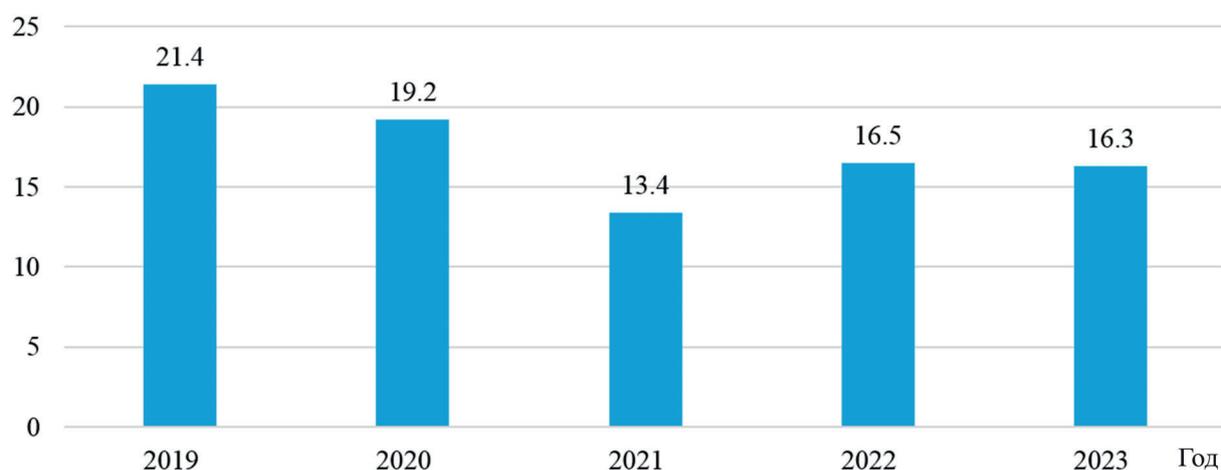


Рис. 7. Распределение средней этажности строящихся домов в Краснодарском крае по годам выдачи разрешения на строительство, эт.

Fig. 7. Distribution of the average number of floors of houses under construction in the Krasnodar Territory by the years of issuance of a construction permit, this

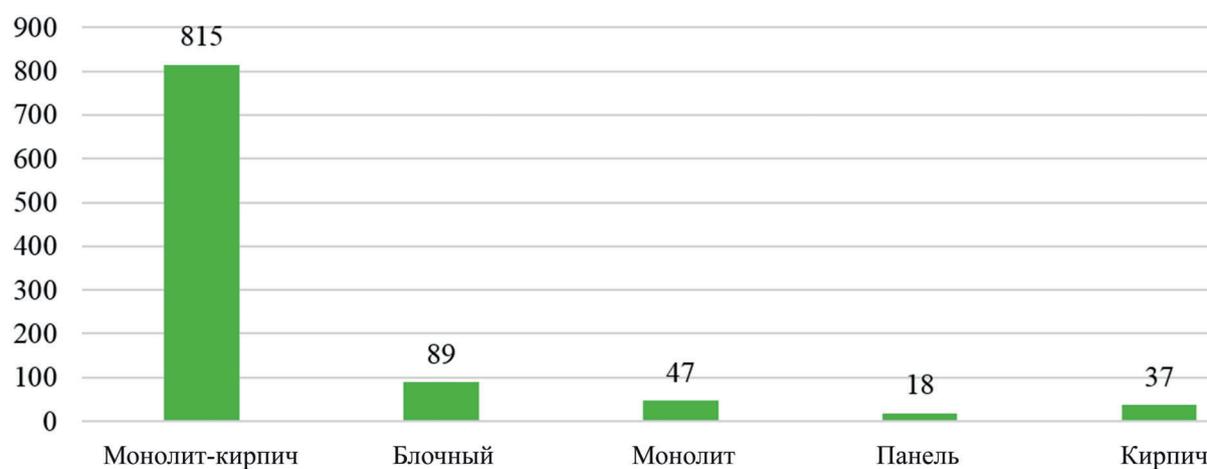


Рис. 8. Динамика строящихся домов в разрезе материалов стен, ед.

Fig. 8. Houses under construction in the context of wall materials, units

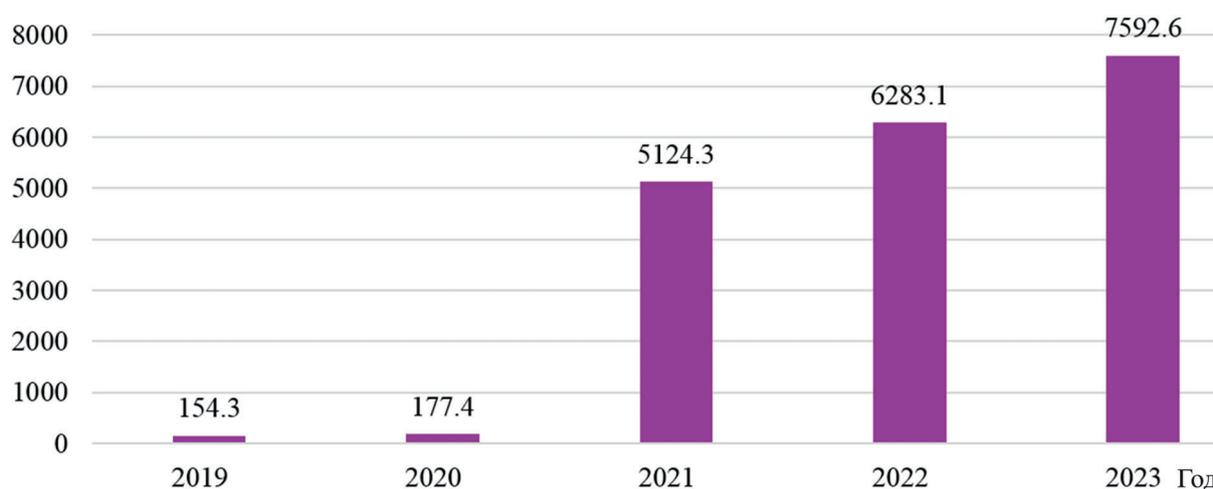


Рис. 9. Динамика ввода жилья в Краснодарском крае за 2019–2023 гг., кв. м

Fig. 9. Dynamics of housing commissioning in the Krasnodar Territory for 2019–2023, sq. m

«Группа компаний "ССК"» представил проект с общей площадью 60 003 кв. м, который также был признан одним из лучших в данной категории [1].

Важным условием строительства домов является выдача разрешения на строительство. В 2023 г. было выдано 16,3 % разрешений на строительство, что на 5,1 % меньше, чем в 2019 г. Основные причины данного снижения можно объяснить не только падением потребительской активности, но и усилением контроля со стороны государственных органов и совершенствованием системы мониторинга (рис. 7) [1].

Что касается динамики строящихся домов с точки зрения используемых материалов, то

в данном варианте наибольшее количество домов (815 ед.) строится из монолит-кирпича, на втором месте стоят дома, построенные из блоков (89 ед.), третье место занимают дома, построенные из монолита (47 ед.), далее идут панель и кирпич. Отметим, что монолитно-кирпичные дома более качественные, экологичные, а также крепкие, что повышает уровень потребительской активности на данный материал (рис. 8).

Динамика ввода жилья в Краснодарском крае за 2023 г. составляет 7592,6 кв. м, что на 7438,3 кв. м больше, чем в 2019 г., в 2020 г. данный показатель был на уровне 177,4 кв. м, в 2021 г. динамика ввода жилья стремительно выросла до 5124,3 кв. м, что объясняется мак-

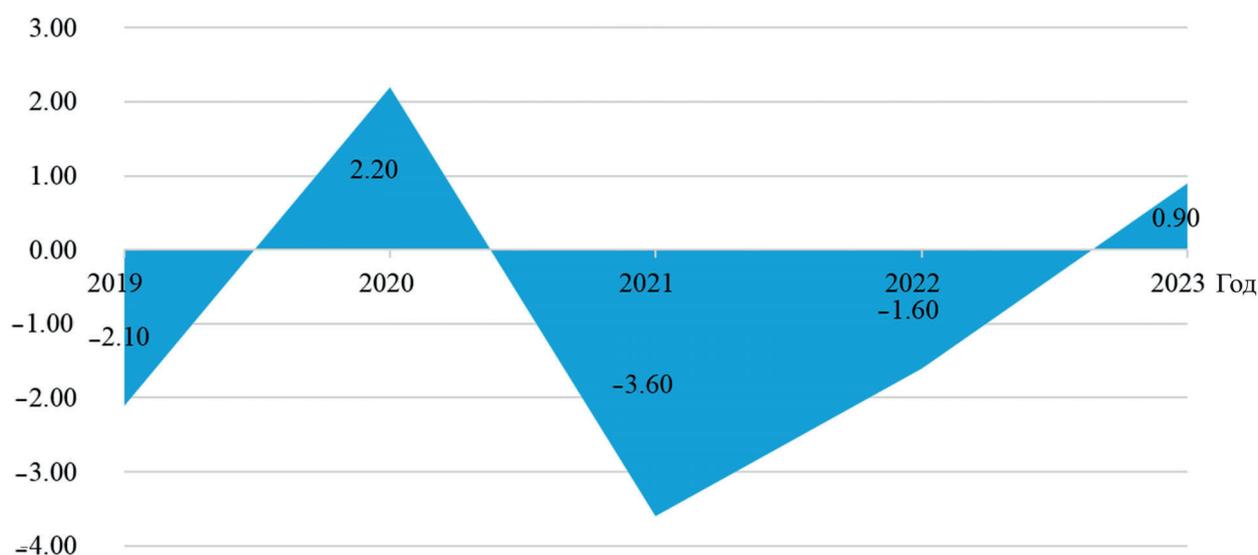


Рис. 10. Индекс дохода населения в Краснодарском крае за 2019–2023 гг., %

Fig. 10. The income index of the population in the Krasnodar Territory for 2019–2023, %

симальным потребительским спросом на рынке первичного жилья, также наблюдается рост ввода жилья в 2022 г. – 6283,1 кв. м (рис. 9) [1].

Отметим, что динамика строительства, а также ввода жилья зависит от многих факторов, при этом основным фактором является потребительский спрос и доходность населения. В 2023 г. индекс дохода населения повысился до 0,9 %. В 2021 и 2022 гг. данный индекс был отрицательным, о чем свидетельствуют данные аналитики по Краснодарскому краю (рис. 10) [1]. Причиной тому стали политические и экономические шоки в стране, доходность населения упала, но большим спросом стали пользоваться ипотечные кредиты, которые выросли в 3 раза.

Важно отметить, что строительная отрасль требует особого внимания со стороны государства и населения. Несмотря на то что динамика строительства в Краснодарском крае растет ежегодно, не всегда удается вовремя обеспечить районы соответствующими объектами как социальной, так и транспортной инфраструктуры. Поэтому рекомендуется разрабатывать комплексные программы, которые направлены на планирование и прогнозирование строительных процессов, а также на строительство и возведение необходимых объектов инфраструктуры [8; 13–15].

В настоящее время экология занимает важное место в строительной отрасли. Адаптация к новым условиям требует внедрения современных стандартов, ориентированных на использование экологически чистых технологий и материалов. Это направление должно стать приоритетом для строительных компаний, стремящихся к устойчивому развитию и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Также актуальной проблемой является доступность жилья для населения. В последние годы стоимость жилья значительно возросла, что связано с увеличением издержек и расходов на выполнение строительных работ и предоставление услуг. В результате этого жилье становится недоступным для граждан с низким уровнем доходов. В связи с этим разработка разнообразных социальных программ, направленных на обеспечение доступности жилья, становится ключевым направлением государственной политики.

Существует множество других факторов [14; 15], которые влияют на процессы раз-

вития строительной отрасли, например качество строительства, система взаимодействия государства и строительных компаний и т. д. Данные факторы не только влияют, но и показывают резервы развития, которые могут обеспечить высокие темпы роста, качества и обеспеченность строительной отрасли.

Заключение

В результате отметим, что жилищное строительство представляет собой совокупность технологического, экономического и социального процессов, направленных на рост социально-экономического развития государства и, соответственно, на качество жизни населения. При этом наличие текущих задач и проблем позволяет выработать вектор его развития, акцентируя внимание на экологизацию процессов в данной сфере и технологический прорыв. На основе проведенного исследования развития жилищного строительства в Краснодарском крае можно отметить следующие приоритетные направления:

- реализация государственных и региональных программ;
- развитие инфраструктурных компонентов жилищного строительства;
- усиление контроля и развитие системы текущего мониторинга за качеством;
- создание эффективного механизма функционирования жилищного фонда;
- повышение уровня жизни населения края;
- создание эффективной системы нормативно-правового регулирования с учетом судебной и досудебной практики и т. п.

В заключение отметим, что развитие жилищного строительства приобретает особую актуальность, так как является драйвером социально-экономического развития страны и отдельных регионов, влияет на уровень благосостояния населения и возможность его роста. Данная отрасль должна быть сориентирована на применение современных цифровых и инновационных технологий, которые обеспечивают ускоренный и качественный процесс строительства. Влияние на экономику происходит посредством создания рабочих мест, развития смежных отраслей, привлечения капитальных вложений и т. д. Детальная проработка этих направлений позволит создать эффективный механизм устойчивого развития жилищного строительства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аналитический обзор. Строительство жилья профессиональными застройщиками в Краснодарском крае // ЕРЗ – Аналитика. Краснодар, 2023. 97 с.
2. Аббасов Э. У. Современные технологии управления портфелем реальных инвестиций предприятий строительной отрасли // Петерб. экон. журн. 2023. № 2 (40). С. 1–9.
3. Баронин С. А., Гущина Е. С. Развитие стратегий жилищного строительства на основе концепции устойчивости и эколого-ориентированного девелопмента // Жилищные стратегии. 2023. Т. 10, № 3. С. 237–256. DOI: 10.18334/zhs.10.3.118996
4. Зуева М. К., Ким Д. А. Анализ возможностей модульной технологии домостроения // Строительство – формирование среды жизнедеятельности: сб. материалов семинара молодых ученых XXVI Междунар. науч. конф., Ташкент, 26–28 апр. 2023 г. С. 10–13.
5. Лемешко М. В. Тенденции развития промышленного строительства в России на современном этапе // Экономика строительства. 2021. № 1. С. 21–28.
6. Милюшенко О. А. Анализ рынка строительных услуг: особенности и тенденции развития в России в современных условиях // Бизнес. Образование. Право. 2023. № 3. С. 14 (13–18). DOI: 10.25683/VOLBI.2023.64.676
7. Мотаева А. Б. Актуальные тренды цифровой трансформации строительной отрасли России / А. Б. Мотаева, В. Л. Кашинцева, И. А. Кубрак // Вестн. Сиб. ин-та бизнеса и информационных технологий. 2023. № 4. С. 98–104.
8. Никулина Ю. А. Проблемно-ориентированный подход к цифровой трансформации систем управления жизненным циклом объектов капитального строительства // Вестн. евразийской науки. 2023. № 5. С. 1–12.
9. Северухин К. В. Строительная отрасль Российской Федерации: перспективы и барьеры развития / К. В. Северухин, Г. А. Крапухин // Прогрессивная экономика. 2022. № 3. С. 18–29.
10. Семенова К. А. Разработка прогноза развития строительной отрасли Российской Федерации // Междунар. науч.-исслед. журн. 2023. № 8 (134). С. 1–5.
11. Харитонов А. Д. Современные особенности экономик строительства // Экономика и социум. 2023. № 5 (108). С. 1193–1195.
12. Шонтуков Б. З. Строительство как отрасль материального производства и его роль в национальной экономике // Экономика и социум. 2018. № 5. С. 1376–1381.
13. Ялялиев А. Р. Состояние и развитие строительной отрасли в России // SCI-ARTICLE.RU. Строительство. 2017. № 1. С. 4. УДК 338.45:69:005(470.343).
14. Яськова Н. Ю., Зайцева Л. И. Формирующиеся тенденции развития строительного рынка в условиях нарастающего санкционного давления // Вестн. МГСУ. 2023. Т. 18, № 12. С. 2025–2036.
15. Santos Paulo, Lucchi Elena, Salvatore Carlucci // Front. Built Environ. 27 Nov. 2023. P. 1–6.

Информация об авторах

Гварлиани Татьяна Евгеньевна – д.э.н., профессор, Сочинский государственный университет (адрес: 354000, Россия, Сочи, ул. Пластунская, д. 94), ORCID: 0000-0002-9686-510X, SPIN-код автора: 2940-0818.

Корнейчук Игорь Андреевич – аспирант, Сочинский государственный университет (адрес: 354000, Россия, Сочи, ул. Пластунская, 94).

Статья поступила в редакцию 28.10.2024, принята к публикации после рецензирования 29.01.2025, опубликована онлайн 31.03.2025.

References

1. Analytical review. Housing construction by professional developers in the Krasnodar Territory. ERZ – Analytics. Krasnodar, 2023, 97 p.
2. Abbasov E. U. Modern technologies of portfolio management of real investments of enterprises of the construction industry. St Petersburg Economic Journal. 2023, no. 2 (40), pp. 1–9.
3. Baronin S. A., Shchina E. S. The development of housing construction strategies based on the concept of sustainability and environmentally-oriented development. Housing strategies. 2023, vol. 10, no. 3, pp. 237–256. DOI: 10.18334/zhs.10.3.118996
4. Zueva M. K., Kim D. A. Analysis of the possibilities of modular technology of housing construction. Construction – formation of the living environment: a collection of materials from the seminar of young scientists of the XXVI International Scientific Conference. Tashkent, April 26–28, 2023, pp. 10–13.
5. Lemeshko M. V. Trends in the development of industrial construction in Russia at the present stage. Economics of construction. 2021, no. 1, pp. 21–28.
6. Milyushenko O.A. Analysis of the construction services market: features and trends of development in Russia in modern conditions. Business. Education. Pravo. 2023, no. 3, pp. 14 (13–18). DOI: 10.25683/VOLBI.2023.64.676
7. Motaeva A. B., Kashintseva V. L., Kubrak I. A. Current trends in digital transformation of the Russian construction industry. Bulletin of the Siberian Institute of Business and Information Technology. 2023, no. 4, pp. 98–104.
8. Nikulina Yu. A. Problem-oriented approach to the digital transformation of life cycle management systems for capital construction facilities. Bulletin of Eurasian Science. 2023, no. 5, pp. 1–12.
9. Severukhin K. V., Krapukhin G. A. The construction industry of the Russian Federation: prospects and barriers of development. Progressive Economics. 2022, no. 3, pp. 18–29.
10. Semenova K. A. Development of a forecast for the development of the construction industry of the Russian Federation. International Scientific Research Journal. 2023, no. 8 (134), pp. 1–5.
11. Kharitonov A. D. Modern features of construction economies. Economy and society. 2023, no. 5 (108), pp. 1193–1195.
12. Shontukov B. Z. Construction as a branch of material production and its role in the national economy. Economics and society. 2018, no. 5, pp. 1376–1381.
13. Yalaliev A. R. The state and development of the construction industry in Russia. SCI-ARTICLE.RU. Construction. 2017, no. 1, p. 4. UDC 338.45:69:005(470.343).
14. Yaskova N. Yu., Zaitseva L. I. Emerging trends in the development of the construction market in the context of increasing sanctions pressure. Vestnik MGSU. 2023, vol. 18, no. 12, pp. 2025–2036.
15. Santos Paulo, Lucchi Elena. Salvatore CarlucciSalvatore Carlucci. Front. Built Environ., 27 November 2023, pp. 1–6.

Information about the authors

Tatiana E. Gvarliani, DSc (Economics), full professor, Sochi State University (address: 354000, Russia, Krasnodar Region, Sochi, Plastunskaya St., 94), ORCID: 0000-0002-9686-510X, Author SPIN code: 2940-0818.

Igor A. Korneychuk, post-graduate student, Sochi State University (address: 354000, Russia, Krasnodar Region, Sochi, Plastunskaya St., 94).

The article was submitted on 28.10.2024, accepted for publication after reviewing on 29.01.2025, published online on 31.03.2025.

Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 114–124
St Petersburg Economic Journal. 2025, no. 1, pp. 114–124

Научная статья
УДК 336

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СОСТАВЛЕНИЮ ESG-РЕЙТИНГОВ

THEORETICAL APPROACH TO COMPILING ESG RATINGS

И. К. Феоктистов

аспирант, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия, Maat35@mail.ru

I. K. Feoktistov

Post-Graduate Student, St Petersburg State University of Economics, Saint Petersburg, Russia, Maat35@mail.ru

М. В. Утевская

к.э.н., доцент кафедры финансов, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия, puchkova.m@unecon.ru

M. V. Utevskaia

PhD (Economics), Associate Professor of the Department of Finance, St Petersburg State University of Economics, Saint Petersburg, Russia, puchkova.m@unecon.ru

***Аннотация.** В статье рассматриваются теоретические основы формирования рейтингов устойчивого развития организации. Целью исследования является формирование предложений по разработке отечественных рейтингов устойчивого развития на базе выявленных недостатков существующих западных методик. Предлагается определение ESG-рейтингов, анализ существующего растущего рынка рейтингов и структуризация имеющихся подходов к формированию данных рейтингов. В результате в качестве единой альтернативы предложено использование единого ЭКГ-рейтинга, методология которого разрабатывается и поддерживается государством. Рассмотрен процесс формирования ЭКГ-рейтинга и даны рекомендации по его улучшению – изменение доли раздела экологии в общей системе оценки – для лучшего соответствия национальным целям развития Российской Федерации. Авторами выделен ряд направлений по развитию применения, а также предложения по популяризации данного рейтинга среди российских компаний, в том числе через различные методы стимулирования, такие как льготное кредитование, отсрочки платежей и иные методы. Авторами обоснован тот факт, что ЭКГ-рейтинг в будущем может стать основным ESG-рейтингом Российской Федерации, если претерпит соответствующие изменения и будет популяризирован.*

***Ключевые слова:** ESG, устойчивое развитие, инвестиции, финансы устойчивого развития, рейтинги ESG, ответственное инвестирование*

***Abstract.** The article deals with the theoretical basis for the formation of sustainable development ratings of the organization. The aim of the study is to formulate proposals for the development of domestic sustainability ratings based on the identified shortcomings of existing Western methods. The article proposes the definition of ESG-ratings, analysis of the existing growing market of ratings and structurization of existing approaches to the formation of these ratings. As a result, the article proposes to use a unified ECG rating, the methodology of which is developed and supported by the state, as a single alternative. The article considers the process of ECG rating formation and gives recommendations for its improvement – changing the share of the ecology section in the general*

© Феоктистов И. К., Утевская М. В., 2025

evaluation system – for better co-compliance with the national development goals of the Russian Federation. The authors identify a number of directions for the development of the application of this rating, as well as suggestions for popularization of this rating among Russian companies – including through various methods of stimulation, such as preferential lending, deferred payments and other methods. The authors substantiate the fact that the ECG rating in the future may become the main ESG rating of the Russian Federation if it undergoes appropriate changes and is popularized.

Keywords: ESG, sustainable development, investment, sustainable finance, ESG ratings, responsible investing

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Введение, цель

В последние годы концепция устойчивого развития приобретает все большую значимость для государств. Например, Центральный банк России опубликовал рекомендации по разработке стратегии устойчивого развития, а также определил национальные цели развития Российской Федерации на период до 2030 г., среди которых выделяется цель достижения нетто-нулевых выбросов к 2060 г. [1; 2]. Это подчеркивает актуальность методологических рекомендаций Центрального банка, которые должны быть внимательно рассмотрены компаниями.

Устойчивое развитие подразумевает такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, не нанося ущерба благополучию будущих поколений [3]. Одним из методов оценки соответствия бизнеса данной концепции является использование ESG-рейтинга. Этот рейтинг позволяет оценить, насколько компания соблюдает свою ответственность по различным вопросам, связанным с экологическими, социальными и управленческими аспектами. Таким образом, ESG-рейтинг представляет собой числовое выражение соответствия компании принципам устойчивого развития.

Спрос на данную информацию продолжает расти, потому что существует спрос как со стороны частных инвесторов (для концепции ответственного инвестирования), так и со стороны финансовых институтов. Компании с хорошим рейтингом ESG могут получить определенные преимущества, поскольку регуляторы продолжают пристально следить за устойчивым развитием, а следовательно, выдвигать больше требований. Это ведет к росту рынка рейтингов, поэтому на данный

момент существует большое количество как отечественных, так и зарубежных рейтингов.

Россия находится в процессе выработки национальной стратегии устойчивого развития. Согласно исследованиям [4; 5] единой комплексной стратегии на данный момент не существует, а она необходима для достижения 17 целей устойчивого развития, поставленных международным сообществом. Но даже сейчас спрос на рейтинги продолжает расти.

В России спрос на рейтинги также может коррелировать с санкционными рисками: некоторые компании вынуждены не публиковать свою отчетность официально, а через анализ ее ESG-рейтинга заинтересованное лицо может получить некоторую информацию о компании, при этом сохранится конфиденциальность ее данных.

Таким образом, растущий спрос на ESG-информацию приводит к необходимости проверки ESG-рейтингов – насколько они достоверны, полнота учитываемой ими информации и т. д. Согласно исследованиям [6–8] ESG-рейтинги встречают такие проблемы, как недостаточное раскрытие методологии составления. Такая непрозрачность, а также неопределенность предмета оценки ведут к низкой корреляции рейтингов между собой. Еще одной проблемой является использование источников информации: раскрываемые компаниями данные разнятся, что также влияет на качество формируемых рейтингов, – это подтверждают исследования [9; 10]. Банк России в своем докладе про модельную методологию ESG-рейтингов [11] подтверждает существование проблемы большого количества рейтингов, которые несопоставимы. Это приводит в том

числе к возникновению такого явления, как Greenwashing – компании лишь формально соответствуют необходимым им рейтингам, а по факту не проводят никакой политики по устойчивому развитию. Эта проблема была подробно освещена многими авторами [12–14]. Проведение данной политики, если рассматривать ее с корпоративной точки зрения, может быть гораздо более выгодно компаниям, чем честное следование концепции устойчивого развития. Одна из причин данного явления – большое количество рейтинговых агентств. Всегда можно найти необходимое ESG-агентство, которое обеспечит необходимый рейтинг, а из-за того, что рейтинги сравнивать между собой затруднительно [15], оценить их качество невозможно и остается только доверять репутации рейтингового агентства.

Еще одной причиной появления Greenwashing и недоверия к рейтингам в целом является спорный положительный эффект [16–18] для компаний непосредственно от соблюдения требований устойчивого развития. Поэтому у ESG-рейтингов (и концепции в целом) есть как достоинства, так и недостатки. Так, некоторые исследователи полагают, что различия в рейтингах позволяют инвестору выбрать то агентство, которое делает акцент на более значимом для конкретного инвестора компоненте – E, S или G [19]. Другие считают, что рейтинги в первую очередь могут быть использованы для самооценки компании [20]. Цель данной статьи заключается в анализе разработки ESG-рейтингов, оценке их сопоставимости для использования конечными пользователями и разработке рекомендаций по их улучшению.

Методы исследования

В данный момент каждое рейтинговое агентство разрабатывает собственную методику для составления ESG-рейтинга, так как не существует единого подхода к составлению рейтингов. Банк России выпустил рекомендации [21] для составления рейтингов, в соответствии с которыми ESG-рейтинг (рейтинг устойчивого развития) – это мнение, выраженное публично, которое также является независимым и говорит о профиле рейтингуемого объекта (как качественных, так и количественных его характеристиках в области

устойчивого развития) на момент присвоения ESG-рейтинга, а также о том, как объект оценки управляет рисками устойчивого развития и насколько он подвержен данным рискам на горизонте от года до трех лет.

Иностранные рейтинговые агентства предлагают собственное определение. Европейское агентство по управлению и надзору за рынком ценных бумаг (ESMA) предлагает следующее определение ESG-рейтинга: «Рейтинг ESG означает мнение относительно организации, эмитента или долга, влияние безопасности на факторы ESG или подверженность им, соответствие международным климатическим соглашениям или характеристикам устойчивости, выданное с использованием определенной системы ранжирования рейтинговых категорий» [22].

После рассмотрения различных методологий составления рейтингов их можно разделить на несколько групп.

ESG risk ratings (рейтинг ESG-рисков) – наиболее часто встречающаяся форма, которая измеряет подверженность компании ESG-рискам и оценивает, как эти риски управляются. Примерами такого типа рейтингов являются MSCI, Sustainalytics и FTSE Russell.

ESG impact ratings (рейтинг ESG-влияния) оценивает влияние компаний на среду (ESG) и заинтересованных лиц. Примерами такого типа рейтингов являются Refinitiv и Moodys.

В зависимости от интересующих целей рейтинги могут быть как ретроспективными, так и перспективными. Большинство из них составляется для оценки деятельности корпораций, но существуют рейтинги, предоставляющие оценку регионам и странам.

Оценка, которую присваивают рейтинговые агентства, может быть как буквенной от AAA до CCC, так и числовой: рейтинг от 0 до 100, где 100 может быть как лучшим соответствием ESG, так и наоборот, при рейтинге рисков соответствовать максимально возможному риску, это в том числе усложняет сравнение рейтингов между собой.

Из-за отсутствия нормативного определения рейтингов ESG нет четкого понимания критериев, по которым компании могут или не могут квалифицироваться в качестве поставщиков рейтингов ESG. В связи с этим оценка

общего числа компаний, активно работающих на рынке рейтингов ESG, представляет собой сложную задачу. Исследование, проведенное компанией Sustainability [23], показало, что в мире в 2018 г. насчитывалось более 600 рейтингов ESG. Согласно исследованиям KPMG [24], общее количество поставщиков рейтингов составляет около 160. Среди них в настоящее время выделяется от 10 до 15 крупных провайдеров. Однако в последние годы наблюдается тенденция к сокращению числа рейтингов, что связано с значительной консолидацией в данной отрасли. Эта консолидация часто осуществляется за счет приобретений крупными компаниями, такими как SP и Moody's. В частности, SP приобрела рейтинговое подразделение ESG RobecoSAM в январе 2020 г., а Moody's – Vigeo Eiris в апреле 2019 г. Следует отметить, что эти компании сами стали результатом слияния, произошедшего в 2015 г.

Наиболее известные рейтинги на глобальном рынке:

- ISS ESG (Institutional Shareholder Services);
- ESG-рейтинги Moody's, MSCI и S&P Global;
- Sustainalytics (подразделение Morningstar);
- ESG scores (Bloomberg);
- Fitch Climate Vulnerability Scores (Fitch Ratings);
- FTSE Russell's ESG Ratings;
- CDP's Climate Change, Forests and Water Security Scores и др.

В России также присваиваются ESG-рейтинги. Их присвоением занимаются финансовые и нефинансовые организации и кредитно-рейтинговые агентства. Основными провайдерами рейтингов в России являются четыре агентства, главным видом деятельности которых является предоставление рейтинговых услуг.

Для России характерны те же проблемы, что и на западном рынке, связанные с различиями в методах определения ESG-рейтингов. Важно отметить, что кредитные агентства, формируя ESG-рейтинги, акцентируют внимание на аспектах устойчивого развития и действиях, направленных на достижение соответствующих целей, а не на фактических результатах. Эти различия в подходах к определению ESG-рейтингов приводят к несопоставимости данных рейтингов, по-

скольку их предметные области существенно различаются.

Второй проблемой ESG-рейтингов в России является методологическая несопоставимость. Различаются факторы оценки, начиная от документарных – наличие или отсутствие определенных стандартов сертификатов и т. п. – и заканчивая количественными – выбросы в атмосферу, количество отходов и т. д. Кто-то оценивает качество следования повестке устойчивого развития, а для кого-то важно текущее состояние оцениваемой компании.

Методологическая несопоставимость ESG-рейтингов не является уникальной проблемой для России. В исследовании, проведенном в 2022 г. [25], была проанализирована дивергенция ESG-рейтингов, присваиваемых такими агентствами, как Kinder, Lydenberg and Domini, Sustainalytics, Moody's ESG, SP Global, Refinitiv и MSCI. Установлено несколько факторов, способствующих расхождению рейтингов, присваиваемых одному и тому же субъекту. Во-первых, различия заключаются в количестве факторов, используемых для оценки каждого из компонентов ESG (экологического, социального и управленческого). В зависимости от агентства этот показатель варьируется от трех до семи различных факторов. Во-вторых, значительное влияние на дивергенцию оказывает различие в подходах к оценке исходных данных, что составляет около 56 % наблюдаемой разницы. Корреляции между оценками различных агентств также не являются однородными. Например, в области экологической повестки коэффициент корреляции составляет 0,55, что указывает на наличие значительного числа пересечений в оценке экологических факторов среди различных рейтинговых агентств. Это связано с тем, что экологические факторы являются более очевидными и часто используются многими агентствами. В то же время по другим аспектам, таким как лоббирование и права коренных народов, корреляция может отсутствовать вовсе; в таких случаях агентства, основываясь на одинаковых вводных данных, приходят к противоположным выводам. Кроме того, не все компании применяют одинаковые веса при оценке различных факторов ESG,

что также подтверждается существующими исследованиями [26]. Провести аналогичную оценку российских агентств представляется затруднительным из-за нехватки информации.

В качестве альтернативы большому количеству агентств можно предложить агентство, которое должно стать единственным и провайдером ESG будет государство. Данный рейтинг сейчас внедряется в России. Это ЭКГ-рейтинг (экология, кадры, государство) [27], который представляет собой индекс деловой репутации субъектов предпринимательской деятельности, оценивает компании с точки зрения устойчивого развития и позволяет оценить соответствие деятельности компании целям, заданным Президентом РФ. ЭКГ-рейтинг представляет собой разновидность ESG-рейтинга, который оценивает воздействие компании на окружающую среду и заинтересованные стороны. Данная система рейтинга основана на балльной оценке, которая затем преобразуется в буквенную шкалу от С до ААА. Баллы присваиваются отдельно по каждому из трех направлений: экологическому, социальному и управленческому, после чего они суммируются для получения общей оценки.

Экология – баллы по этому направлению зависят от экологичности деятельности, количества вредных выбросов, использования наилучших доступных технологий и экологической политики, проводимой оцениваемой компанией и проектами, связанными с экологией.

Кадры – оценивается уровень зарплаты сотрудников (превышение над МРОТ и отличие от средней зарплаты по региону), в том числе оценивается социальный пакет, предоставляемый сотрудникам, и благотворительные проекты.

Государство – это оценка финансовой устойчивости компании, ее возможности отвечать по своим обязательствам. Оценивается и налоговая история, и благонадежность. Отсутствие задолженности по налоговым платежам существенно влияет на данный показатель. Финальный фактор оценки – социальные инвестиции в регионы присутствия.

Таким образом, данный рейтинг имеет открытую методологию и продвигается государством, он является достаточно объективным и охватывает все необходимые вопросы для точной оценки компании на соответствие целям

устойчивого развития и национальным целям развития Российской Федерации.

Европейской комиссией был проведен опрос: необходимо ли вмешательство регулирующих органов в процесс присвоения и формирования ESG-рейтингов. Этот опрос показал, что 94 % опрошенных были за необходимость вмешательства в регулирование. Среди ключевых вопросов, которые требуют вмешательства, были отмечены следующие:

- повышение прозрачности методологий поставщиков ESG-рейтингов;
- предотвращение потенциального конфликта интересов;
- повышение надежности и сопоставимости ESG-рейтингов;
- уточнение целей различных типов ESG-рейтингов;
- разъяснение того, что подразумевается под ESG-рейтингами и отражается в них.

Это говорит о востребованности среди заинтересованных лиц дополнительного регулирования со стороны соответствующих органов – еще одно подтверждение необходимости внедрения общего рейтинга, поддерживаемого государством. Для России таким рейтингом может стать именно ЭКГ-рейтинг. Именно его необходимо совершенствовать для продвижения устойчивого развития в России.

В качестве базы для оценки ЭКГ-рейтинга необходимо придерживаться национальных целей развития Российской Федерации, в которые, как было указано ранее, входит достижение нетто-нулевых выбросов. Если рассматривать ЭКГ-рейтинг как способ стимулирования компаний к экологичности – для получения высоких оценок в данном рейтинге, то возникает проблема – общая сумма присваиваемых баллов в рейтинге ЭКГ по разделам составляет:

- экология: максимальная оценка 25 баллов; в 15 баллов оценивается экологичность; в 5 баллов – использование наилучших доступных технологий; в 5 баллов – экологическая политика и проекты;
- кадры: максимальная оценка 65 баллов; в 35 баллов оценивается уровень оплаты труда; в 25 баллов – социальный пакет сотрудников; в 5 баллов – благотворительные проекты;

– государство: максимальная оценка 70 баллов; в 15 баллов оценивается финансовая устойчивость; в 45 баллов – налоговая история и благонадежность; в 10 баллов – социальные инвестиции в регионы присутствия.

Анализ полученных оценок показывает, что в общей суммарной оценке в 160 баллов доля, отведенная на экологические показатели, составляет 15,6 %. Это свидетельствует о том, что экологическая составляющая занимает относительно небольшую часть в общем уровне рейтинга. Например, компания, которая получает 0 баллов в разделе экологии и 135 баллов по двум другим критериям, может быть оценена наивысшим уровнем – AAA. Таким образом, у компаний могут отсутствовать стимулы для соблюдения экологической повестки, продвигаемой государством, а особенно, использование наилучших доступных технологий, которые и должны сокращать негативное воздействие на окружающую среду. Считаем, что удельный вес оценки экологичности необходимо увеличить до 40 % (также необходимо пропорционально увеличить оценку внутри раздела) и сделать общее распределение весов: 40 % – экология, 35 % – кадры и 35 % – государство.

Данное изменение позволит сделать ЭКГ-рейтинг более сбалансированным по всем трем компонентам, а увеличение оценки по наилучшим доступным технологиям поможет стимулировать компании на инвестиции в технологичное производство.

Ожидается, что рынок рейтингов ESG продолжит свой рост в ближайшие годы: будет увеличиваться как количество его поставщиков, так и востребованность в самих рейтингах. Это обусловлено изменением характера ведения финансовой деятельности и смещением акцентов на устойчивое развитие, появление инвестиционных продуктов, связанных с ним, таких как «зеленые» облигации.

Однако на рынке ESG-рейтингов существует ряд проблем, одной из которых является несоответствие методологии, а значит, и несравнимость рейтингов между собой. В качестве решения этой проблемы предлагается внедрение одного общего рейтинга, поддерживаемого государством. Для России им может стать именно ЭКГ-рейтинг, с целью его популяризации для

компаний необходимо ввести дополнительные стимулы для соответствия ЭКГ-рейтингу.

В России на данный момент высокая ключевая ставка ЦБ – 18 % [28], следовательно, для любого бизнеса доступ к длинным денежным средствам становится очень дорогим – ставка банковского кредита слишком высока. Без кредитования невозможна реализация инвестиционных проектов, наращивание производственных мощностей и реализация экологических программ. Часто они требуют установки дорогостоящего фильтрующего оборудования.

Согласно данным ФНС за 2023 г. [29] средняя рентабельность проданных товаров, продукции (работ, услуг) составляет 13,5 % по всем отраслям. При таком уровне рентабельности при текущей макроэкономической ситуации доступ к заемным средствам для многих отраслей становится слишком дорогим. Складывается ситуация, при которой в некоторых отраслях безрисковые инструменты (депозиты) выгоднее инвестирования в собственную деятельность. Таким образом, сокращается общий объем инвестиций. В 2024 г. заканчиваются многие программы льготного кредитования, а значит, для большинства отраслей в 2025 г. доступ к длинным денежным средствам будет еще сильнее затруднен. В качестве стимулирующей меры для экономики, которая будет способствовать развитию ЭКГ-рейтинга, необходимо предусмотреть льготное кредитование для компаний на основе их ЭКГ-рейтинга. В качестве базы для оценки доступности льготного кредитования можно использовать оценку самого ЭКГ-рейтинга. На кредиты по сниженной ставке могут рассчитывать компании с рейтингом от 71 балла (BBB) – это верхняя половина рейтинга. Данная планка позволит отсеять тех, кто не хочет следовать принципам устойчивого развития, но при этом не делает планку недостижимой.

Еще одной мерой стимулирования может стать пролонгация действующих кредитов для компаний, которые также имеют высокий ЭКГ-рейтинг, и особенно тех, кто активно реализует проекты по внедрению технологий либо осуществляет инвестиции в социальную инфраструктуру региона присутствия. Можно отсрочить выплату процентов по кредитам на

такие проекты до их реализации, если рейтинг принимает данный инвестиционный проект как соответствующий требованиям рейтинга.

И наконец, самый серьезный стимул, который можно предоставить компаниям из самой верхней части рейтинга от 101 балла (AAA), – налоговые льготы. Такими льготами могут быть как отсрочка налоговых платежей, например НДС, так и сниженная ставка по этому же налогу: снижение ставки на 0,5–1 % даст большую экономию, ради которой компании будут очень заинтересованы в сохранении высокого рейтинга.

Мы считаем, что это не только стимулирует компании вести деятельность, соответствующую целям устойчивого развития и национальным целям, установленным Президентом Российской Федерации, но и позволит стимулировать инвестиционную деятельность в целом.

Результаты и дискуссия

ESG-рейтинги направлены на оценку соответствия бизнеса долгосрочным целям устойчивого развития, что происходит через оценку факторов ESG-рисков или через оценку влияния компании на окружающую среду и заинтересованных лиц. Это можно рассматривать в том числе как возможность для компаний стандартизировать финансовые риски, связанные с ESG. Данная информация впоследствии используется также инвесторами.

Рейтинги позволяют компаниям вырабатывать свою стратегию развития посредством формирования ключевых показателей, благодаря которым соблюдаются принципы устойчивого развития, выстраивать отношения с инвесторами и следовать необходимым требованиям со стороны регуляторов.

ESG-рейтинги предоставляют информацию об устойчивости компании и возможных рисках, которые возникают из-за экологических, социальных или управленческих факторов. Эти данные позволяют инвесторам лучше оценивать компании, а кредитным организациям формировать дополнительные кредитные портфели.

Однако все эти преимущества связаны и с недостатками, например таким как методологическая несравнимость рейтингов между собой. Для того чтобы сравнить две компании в их

ESG-показателях, необходимо провести их оценку в одном агентстве, данные из двух разных рейтингов сравнить между собой невозможно.

Количество рейтинговых агентств и отсутствие нормативных определений ESG-рейтингов только усугубляют методологическую проблему ESG-рейтингов. Таким образом, заинтересованные лица не могут получить полную и достоверную информацию о соответствии какой-либо компании принципам устойчивого развития. Данные проблемы характерны как для зарубежной, так и для отечественной практики. Из-за этого среди заинтересованных лиц возникла потребность в дополнительной регуляции ESG-рейтингов со стороны регуляторов.

Поэтому внедрение в России общего рейтинга, которым может стать ЭКГ-рейтинг, позволит получать данным лицам полную и достоверную информацию о соответствии компаний принципам устойчивого развития и сравнивать эти компании между собой. Дополнительное стимулирование в виде льготных кредитов для компаний, имеющих высокий ЭКГ-рейтинг, позволит не только повысить ответственность компаний, но и стимулировать экономику в целом.

Заключение

В статье рассмотрены основы формирования ESG-рейтингов, а также их преимущества и недостатки, включая методологические проблемы. Отечественный ЭКГ-рейтинг может стать важным инструментом для достижения целей устойчивого развития. Развитие данного рейтинга позволит не только достичь целей национального развития, но и обеспечить адресную поддержку бизнесу, что будет способствовать поддержке тех компаний, которые приносят пользу обществу в целом.

В связи с этим необходимо провести улучшения в системе рейтинга, в частности, пересмотреть распределение баллов по различным критериям и привязать к рейтингу меры адресной поддержки бизнеса в России. Это повысит эффективность деятельности компаний в области соблюдения экологических требований, взаимодействия с государственными структурами и отношениями с работниками. В результате будет достигнуто взаимовыгодное развитие как бизнеса, так и общества.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Как разрабатывать стратегию устойчивого развития: рекомендации Банка России. URL: <https://www.cbr.ru/press/event/?id=18351> (дата обращения: 10.07.2024).
2. Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 года № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (дата обращения: 08.07.2024).
3. Устойчивое развитие // Официальный сайт Банка России. URL: <http://www.cbr.ru/develop/ur/> (дата обращения: 10.07.2024).
4. Утевская М. В. Методологические основы формирования стратегии устойчивого развития социально-экономических субъектов // Петерб. экон. журн. 2024. № 1. С. 46–56.
5. Хачатрян А. В. Расхождение в ESG-рейтингах: зарубежные регуляторные тренды // Финансовый журн. 2022. Т. 14, № 5. С. 89–104.
6. Can we trust ESG Ratings? Some insights based on a bibliometric analysis of ESG data quality and rating reliability. URL: https://www.researchgate.net/publication/375230858_Can_we_trust_ESG_Ratings_Some_insights_based_on_a_bibliometric_analysis_of_ESG_data_quality_and_rating_reliability (дата обращения: 14.07.2024).
7. ESG Ratings, Trust, and Greenwashing. URL: <https://www.knowesg.com/featured-article/esg-ratings-trust-and-greenwashing> (дата обращения: 14.07.2024).
8. Christensen D. M., Serafeim G., Sikochi A. Why is corporate virtue in the eye of the beholder? The case of ESG ratings // *The Accounting Review*. 2022. № 97. P. 147–175.
9. Рожнова О. В. Анализ практики выполнения ESG-повестки и представления соответствующей отчетности российскими организациями с государственным участием // *Аудиторские ведомости*. 2023. № 1. С. 13–17.
10. Amel-Zadeh A., Serafeim G. Why and How Investors Use ESG Information: Evidence from a Global Survey // *Financial Analysts J.* 2018. Vol. 74, iss. 3. P. 87–103.
11. Модельная методология ESG-рейтингов. Доклад для общественных консультаций, 2023 // Официальный сайт Банка России. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/144085/Consultation_Paper_17012023.pdf (дата обращения: 10.07.2024).
12. Marquis C., Toffel M., Zhou Y. Scrutiny, norms and selective disclosure: a global study of greenwashing // *Organ Sci.* 2016. Vol. 27 (2). P. 483–504.
13. Yue Wu, Kaifu Zhang, Jinhong Xie. Bad Greenwashing, Good Greenwashing: Corporate Social Responsibility and Information Transparency // *Management Science*. 2020. Vol. 66 (7). P. 3095–3112.
14. Soohun Kim, Aaron Yoon. Analyzing Active Fund Managers' Commitment to ESG: Evidence from the United Nations Principles for Responsible Investment // *Management Science*. 2022. Vol. 69 (2). P. 741–758.
15. Dimson E., Marsh P., Staunton, M. Divergent ESG ratings // *J. of Portfolio Management*. 2020. № 47 (1). P. 75–87. DOI: 10.3905/jpm.2020.1.175
16. Крашенинников М. В. ESG-Инвестирование как тренд будущего // *НАУ*. 2023. № 86-1. С. 11–17.
17. Gillan S. L., Koch A., Starks L. T. Firms and social responsibility: A review of ESG and CSR research in corporate finance // *J. of Corporate Finance*. 2021. Vol. 66. 16 p.
18. Hartzmark S. M., Sussman A. B. Do investors value sustainability? A natural experiment examining // *European Corporate Governance Institute (ECGI) – Finance Working Paper*. 2018. № 565. DOI: 10.2139/ssrn.3016092
19. Овечкин Д. В. Ответственные инвестиции: дивергенция ESG-рейтингов // *Modern economy success*. 2021. № 1. С. 170–174
20. Лион П. Ю. ESG-рейтинги – гигиена бизнеса будущего // *Социодиггер*. 2021. Т. 2, № 7 (12). С. 27–30.

21. Информационное письмо о рекомендациях по разработке методологии и присвоению ESG-рейтингов (рейтингов устойчивого развития). URL: <https://www.cbr.ru/crosscut/lawacts/file/6225> (дата обращения: 14.07.2024).
22. ESMA Report on Trends, Risks and Vulnerabilities // Investor protection ESG ratings: Status and key issues ahead. 2021. № 1. URL: https://www.esma.europa.eu/sites/default/files/trv_2021_1-esg_ratings_status_and_key_issues_ahead.pdf (дата обращения: 14.07.2024).
23. Sustainability, Rate the raters 2020: Investor survey and interview results, March. URL: <https://www.sustainability.com/globalassets/sustainability.com/thinking/pdfs/sustainability-ratetheraters2020-report.pdf> (дата обращения 17.07.2024)
24. KPMG (2020), Issues with ESG Ratings and How Structured Data Can Help. URL: <https://www.iriscarbon.com/issues-with-esg-ratings-and-how-structured-data-can-help/> (дата обращения: 17.07.2024).
25. Aggregate Confusion: The Divergence of ESG Ratings. URL: <https://academic.oup.com/rof/article/26/6/1315/6590670> (дата обращения: 17.07.2024).
26. Ефимова О. В. ESG аналитика в системе принятия инвестиционных решений: в поисках существенной информации // Вестн. ВГУ. Сер. Экономика и управление. 2023. № 2. С. 3–17.
27. ЭКГ-методология. Сайт ЭКГ-рейтинг. URL: <https://экг-рейтинг.рф/#rating> (дата обращения: 17.07.2024).
28. Ключевая ставка ЦБ. Сайт Центрального Банка. URL: <https://www.cbr.ru/press/кеурп/> (дата обращения: 17.07.2024).
29. Средняя рентабельность. Сайт ФНС. URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/taxation/reference_work/conception_vnp/ (дата обращения: 17.07.2024).

Информация об авторах

Феоктистов Илья Константинович – аспирант, Санкт-Петербургский государственный экономический университет (адрес: 191023, Россия, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32А), SCIENCE INDEX 2156-8674.

Утевская Марина Валерьевна – к.э.н., доцент кафедры финансов, Санкт-Петербургский государственный экономический университет (адрес: 191023, Россия, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32А).

Статья поступила в редакцию 10.12.2024, принята к публикации после рецензирования 30.01.2025, опубликована онлайн 31.03.2025.

References

1. How to develop a sustainable development strategy: recommendations from the Bank of Russia. URL: <https://www.cbr.ru/press/event/?id=18351> (accessed: 10.07.2024).
2. Decree of the President of the Russian Federation of July 21, 2020, no. 474 «On the national development goals of the Russian Federation for the period up to 2030». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (accessed: 08.07.2024).
3. Sustainable development. Official website of the Bank of Russia. URL: <http://www.cbr.ru/develop/ur/> (accessed: 10.07.2024).
4. Utevskaia M. V. Methodological basis for the formation of a strategy for sustainable development of socio-economic entities. St Petersburg Economic Journal. 2024, no. 1, pp. 46–56.
5. Khachatryan A. V. Discrepancy in ESG ratings: foreign regulatory trends. Financial Journal. 2022, vol. 14, no. 5, pp. 89–104.
6. Can we trust ESG Ratings? Some insights based on a bibliometric analysis of ESG data quality and rating reliability. URL: https://www.researchgate.net/publication/375230858_

- Can we trust ESG Ratings? Some insights based on a bibliometric analysis of ESG data quality and rating reliability (accessed: 14.07.2024).
7. ESG Ratings, Trust and Greenwashing. URL: <https://www.knowesg.com/featured-article/esg-ratings-trust-and-greenwashing> (accessed: 14.07.2024).
 8. Christensen D. M., Serafeim G., Sikochi A. Why is corporate virtue in the eye of the beholder? The case of ESG ratings. *The Accounting Review*. 2022, no. 97, pp. 147–175.
 9. Rozhnova O. V. Analysis of the practice of implementing the ESG agenda and submitting corresponding reports by Russian organizations with state participation. *Audit statements*. 2023, no. 1, pp. 13–17.
 10. Amel-Zadeh A., Serafeim G. Why and How Investors Use ESG Information: Evidence from a Global Survey. *Financial Analysts Journal*. 2018, vol. 74, iss. 3, pp. 87–103.
 11. Model methodology of ESG ratings. Report for public consultations, 2023. Official website of the Bank of Russia. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/144085/Consultation_Paper_17012023.pdf (accessed: 10.07.2024).
 12. Marquis C., Toffel M., Zhou Y. Scrutiny, norms, and selective disclosure: a global study of greenwashing. *Organ Sci*. 2016, vol. 27 (2), pp. 483–504.
 13. Yue Wu, Kaifu Zhang, Jinhong Xie. Bad Greenwashing, Good Greenwashing: Corporate Social Responsibility and Information Transparency. *Management Science*. 2020, vol. 66 (7), pp. 3095–3112.
 14. Soohun Kim, Aaron Yoon. Analyzing Active Fund Managers' Commitment to ESG: Evidence from the United Nations Principles for Responsible Investment. *Management Science*. 2022, vol. 69 (2), pp. 741–758.
 15. Dimson E., Marsh P., Staunton M. Divergent ESG ratings. *Journal of Portfolio Management*. 2020, no. 47 (1), pp. 75–87. DOI: 10.3905/jpm.2020.1.175
 16. Krashennikov M. V. ESG investing as a trend of the future. *NAU*. 2023, no. 86-1, pp. 11–17.
 17. Gillan S. L., Koch A., Starks L. T. Firms and social responsibility: A review of ESG and CSR research in corporate finance. *Journal of Corporate Finance*. 2021, vol. 66, 16 p.
 18. Hartzmark S. M., Sussman A. B. Do investors value sustainability? A natural experiment examining. *European Corporate Governance Institute (ECGI) – Finance Working Paper*. 2018, no. 565. DOI: 10.2139/ssrn.3016092
 19. Ovechkin D. V. Responsible investments: divergence of ESG ratings. *Modern economy success*. 2021, no. 1, pp. 170–174.
 20. Lyon P. Yu. ESG ratings – business hygiene of the future. *Sociodigger*. 2021, vol. 2, no. 7 (12), pp. 27–30.
 21. Information letter on recommendations for developing a methodology and assigning ESG ratings (sustainable development ratings). URL: <https://www.cbr.ru/crosscut/lawacts/file/6225> (accessed: 14.07.2024).
 22. ESMA Report on Trends, Risks and Vulnerabilities. Investor protection ESG ratings: Status and key issues ahead. 2021, no. 1. URL: https://www.esma.europa.eu/sites/default/files/trv_2021_1-esg_ratings_status_and_key_issues_ahead.pdf (accessed: 14.07.2024).
 23. Sustainability, Rate the raters 2020: Investor survey and interview results, March. URL: <https://www.sustainability.com/globalassets/sustainability.com/thinking/pdfs/sustainability-ratetheraters2020-report.pdf> (accessed: 17.07.2024).
 24. KPMG (2020), Issues with ESG Ratings and How Structured Data Can Help. URL: <https://www.iriscarbon.com/issues-with-esg-ratings-and-how-structured-data-can-help/> (accessed: 17.07.2024).
 25. Aggregate Confusion: The Divergence of ESG Ratings. URL: <https://academic.oup.com/rof/article/26/6/1315/6590670> (accessed: 17.07.2024).
 26. Efmova O. V. ESG analytics in the investment decision-making system: in search of essential information. *Vestnik VSU. Series: Economics and management*. 2023, no. 2, pp. 3–17.

27. ESG methodology. ESG rating website. URL: <https://экг-рейтинг.рф/#rating> (accessed: 17.07.2024).
28. Central Bank key rate. Website of the Central Bank. URL: <https://www.cbr.ru/press/keypr/> (accessed: 17.07.2024).
29. Average profitability. Federal Tax Service website. URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/taxation/reference_work/conception_vnp/ (accessed: 17.07.2024).

Information about the authors

Ilya K. Feoktistov, post-graduate student, St Petersburg State University of Economics (address: 191023, Russia, Saint Petersburg, Griboedova Canal Nab., 30-32A), SCIENCE INDEX 2156-8674.

Marina V. Utevsкая, PhD (Economics), associate professor of the Department of Finance, St Petersburg State University of Economics (address: 191023, Russia, Saint Petersburg, Griboedova Canal Nab., 30-32A).

The article was submitted on 10.12.2024, accepted for publication after reviewing on 30.01.2025 published online on 31.03.2025.

Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 125–135
St Petersburg Economic Journal. 2025, no. 1, pp. 125–135

Научная статья
УДК 001.1:336.(075.8):657.6

СИСТЕМА ФИНАНСОВОГО КОНТРОЛЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

FINANCIAL CONTROL SYSTEM IN A CONSTRUCTION ORGANIZATION

А. Г. Мельник

аспирант, Международный банковский институт им. Анатолия Собчака, Экономика и финансы, генеральный директор, ООО «АКМ», Санкт-Петербург, Россия, akmtorg@bk.ru

A. G. Melnik

Post-Graduate Student, International Banking Institute named after Anatoliy Sobchak, Economics and Finance, General Director, ООО «АКМ», Saint Petersburg, Russia, akmtorg@bk.ru

А. Л. Пименова

д.э.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия, anna_pimenova7@bk.ru

A. L. Pimenova

DSc (Economics), Full Professor, St Petersburg State University of Economics, Saint Petersburg, Russia, anna_pimenova7@bk.ru

***Аннотация.** В современных реалиях экономического развития финансовый контроль представляет собой фундаментальный компонент управленческой системы любой строительной организации, выступая в качестве ключевого фактора, обеспечивающего ее финансовую стабильность и поступательное развитие. Данный процесс не только способствует поддержанию прозрачности финансовых операций, но и, что немаловажно, содействует оптимизации затрат, повышению эффективности использования ресурсов, а также достижению стратегических целей компании. Следует отметить, что в рассматриваемой статье проводится всесторонний анализ роли финансового контроля в функционировании строительных организаций, при этом особое внимание уделяется аспектам организации внутреннего финансового контроля, включая методологию и инструментарий его реализации. Авторы акцентируют внимание на проблематике расчета себестоимости продукции, которая, вне всякого сомнения, является краеугольным камнем в управлении затратами и формировании ценовой политики компании. В рамках данного исследования авторы ставят перед собой амбициозную задачу выявления уязвимых мест в существующих системах финансового контроля и, что особенно ценно, предлагают инновационные подходы к их оптимизации, направленные на повышение финансовой эффективности и конкурентоспособности строительных организаций в динамично меняющихся условиях рынка.*

***Ключевые слова:** финансовый контроль, внутренний контроль, процедуры контроля, финансовая (бухгалтерская) отчетность*

***Abstract.** In the current realities of economic development, there is no doubt that financial control is a fundamental component of the management system of any construction organization, acting as a key factor that ensures its financial stability and progressive development. Of course, this process not only contributes to maintaining the transparency of financial operations, but also, importantly, contributes to cost optimization, improving the efficiency of resource utilization, as well as, undoubtedly, the achievement of strategic objectives of the company. It should be noted that the*

article under consideration provides a comprehensive analysis of the role of financial control in the functioning of construction organizations, with special attention paid to aspects of the organization of internal financial control, including methodology and tools for its implementation. It is noteworthy that the authors emphasize the problem of calculating the cost of production, which is undoubtedly the cornerstone of cost management and the formation of pricing policy of the company. In the context of this study, the authors set themselves the ambitious task of identifying vulnerabilities in the existing financial control systems and, what is especially valuable, offer innovative approaches to their optimization, aimed at improving the financial efficiency and competitiveness of construction organizations in the dynamically changing market conditions.

Keywords: *financial control, internal control, control procedures, financial (accounting) reporting*

Конфликт интересов. *Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

Conflict of interest. *The authors declare no conflicts of interest.*

Введение, цель

Финансовый контроль в корпорациях представляет собой систему мероприятий, направленных на мониторинг и управление финансовыми ресурсами, а также на обеспечение соответствия финансовой деятельности законодательным и корпоративным стандартам. Это ключевой элемент, который помогает предприятиям эффективно распоряжаться капиталом, обеспечивать точность финансовых отчетов и снижать экономические риски.

В строительной отрасли, где проекты часто сопряжены с большими капитальными вложениями и высокой степенью риска, значимость финансового контроля особенно высока. Строительные компании сталкиваются с необходимостью точного планирования бюджетов, контроля за исполнением финансовых обязательств и управления потоками денежных средств на различных этапах строительных проектов.

Переходя от общей значимости финансового контроля в строительной отрасли к теоретическому осмыслению этой функции, можно отметить, что существует разнообразие подходов к пониманию природы и механизмов финансового контроля.

Некоторые исследователи (например, В. М. Родионова [1]) рассматривают финансовый контроль как форму реализации контрольной функции финансов, другие (например, И. Ц. Цыренова [2]) характеризуют его как систему деятельности специально созданных контролирующих органов, обеспечивающих эффективность использования денежных потоков и управление их движением. Наиболее

общим является определение контроля как «процесса, обеспечивающего достижение организацией поставленных целей» [3, с. 489].

Несмотря на разнообразие выделяемых в литературе подходов к определению финансового контроля, среди ученых наблюдается единство во мнениях, поскольку процесс управления является бессмысленным в отсутствие представления о своей ведущей функции «контроль».

Строгий финансовый контроль является неотъемлемым компонентом для обеспечения финансовой устойчивости и надежности в управлении строительными проектами. Эффективная система финансового контроля помогает не только в обеспечении точности финансовых отчетов и соответствия нормативным требованиям, но и в улучшении оперативного управления, что, в свою очередь, способствует оптимизации затрат и увеличению прибыльности. Система финансового контроля в строительной организации – это не просто инструмент учета, но и механизм, позволяющий адаптироваться к меняющимся рыночным условиям, минимизировать риски и увеличивать рентабельность проектов. В условиях быстро меняющихся рыночных реалий и высокой конкуренции такой подход позволяет строительным компаниям поддерживать конкурентоспособность и успешно развиваться [4].

Цель работы – провести анализ финансового состояния и эффективности деятельности строительной организации. В частности, авторы намерены сосредоточиться на нескольких ключевых аспектах. Во-первых, планируется детально исследовать динамику основных

средств и связанных с ними расходов, что, безусловно, имеет первостепенное значение для строительной отрасли. Несомненно, эти показатели играют решающую роль в формировании стоимости продукции и, как следствие, могут оказывать существенное влияние на конечные финансовые результаты компании. Кроме того, авторы ставят перед собой задачу изучить факторы, влияющие на поддержание стабильного финансового положения организации, что, без сомнения, является критически важным для ее долгосрочной устойчивости. Стоит отметить, что стабильное финансовое состояние не только свидетельствует о способности компании поддерживать свою платежеспособность и финансировать инвестиции в развитие, но и, что немаловажно, служит гарантом ее финансовой независимости и ликвидности.

Один из ключевых аспектов системы финансового контроля – это профилактика финансовых рисков. Регулярный анализ рынка и внутренний аудит помогают своевременно выявлять и минимизировать потенциальные угрозы, предотвращая возможные финансовые потери. Как правило, строительные компании также стремятся поддерживать прозрачность и точность своей финансовой отчетности. Регулярные внутренние и внешние аудиты гарантируют достоверность данных, что способствует поддержанию доверия со стороны инвесторов и партнеров.

Эффективный финансовый контроль также играет ключевую роль в стратегическом планировании и позволяет не только оптимизировать текущие затраты, но и планировать будущее развитие, расширять бизнес и инвестировать в новые проекты. Такая система делает компанию более устойчивой и конкурентоспособной на рынке. В частности, в ООО «Метромаш» на собственном опыте убедились, как внедрение и совершенствование системы финансового контроля может стать ключевым фактором в устойчивом развитии строительной компании, обеспечивая ее стабильность и способность к успешному масштабированию в условиях конкурентной борьбы на рынке.

Методы исследования

В статье использованы следующие методы исследования:

1) метод индукции – для формулировки общих выводов на основе конкретных наблюдений и экспериментальных данных;

2) контент-анализ – для анализа текстовой информации из отчетных документов, что позволило идентифицировать, какие именно аспекты финансового учета и контроля наиболее важны и как они связаны с финансовыми показателями организации;

3) системный анализ – для оценки сложных финансовых систем на предмет выявления взаимосвязей между различными элементами финансового управления.

Результаты и дискуссия

В период с 2020 по 2023 гг. компания ООО «Метромаш» демонстрирует значительный рост валовой прибыли, увеличившейся с 18 279 до 83 358 тыс. р. Данный рост может быть обусловлен рядом факторов, включая оптимизацию производственных процессов, расширение рынков сбыта и повышение качества выпускаемой продукции. В то же время прибыль до налогообложения и чистая прибыль также продемонстрировали заметное увеличение, что свидетельствует не только об улучшении операционной деятельности компании, но и о высокой эффективности налогового планирования и финансовой стратегии.

Отсутствие резких изменений в финансовых результатах компании свидетельствует о наличии устойчивой и надежной системы управления финансами. Такая стабильность достигается благодаря систематическому подходу к планированию, мониторингу и контролю финансовых потоков.

А. Д. Шеремет и Е. В. Негашев указывают на то, что наличие изменений в структуре активов и управлении расходами оказывает влияние на финансовое состояние и операционную эффективность компании [5].

Переходя от общего обзора финансовых результатов к более детализированному анализу, рассмотрим динамику основных средств и прочих расходов ООО «Метромаш» за 2020–2023 гг. (рис. 1). Этот аспект анализа позволит глубже понять, как изменения в структуре активов и управлении расходами влияют на финансовое состояние компании и ее операционную эффективность. Рассмотрение этих показателей

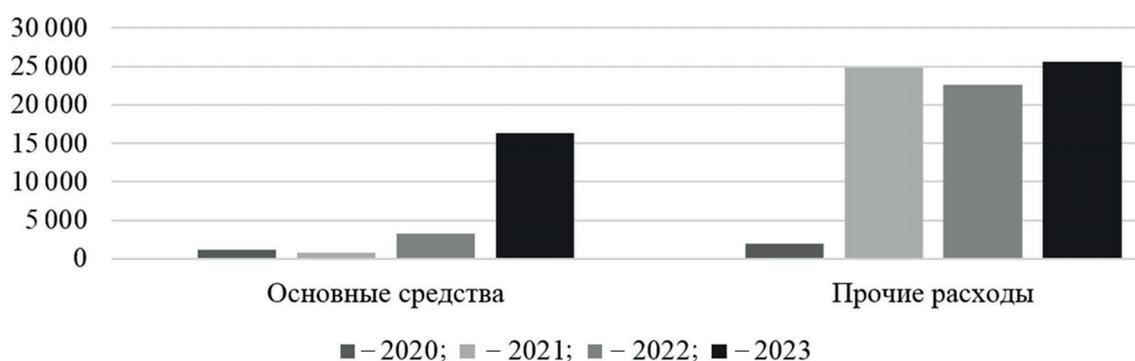


Рис. 1. Анализ динамики основных средств и прочих расходов за 2020–2023 гг. (тыс. р.)

Fig. 1. Analysis of the dynamics of fixed assets and other expenses for the period 2020–2023 (thousand rubles)

Источник: составлено авторами на основе отчетных документов организации.

Source: made by the authors on the basis of reporting documents of organization.

особенно важно для строительной отрасли, где основные средства и связанные с ними расходы играют значительную роль в формировании стоимости продукции и могут значительно влиять на конечные финансовые результаты.

Говоря об усилении системы финансового контроля в строительной организации ООО «Метромаш», можно отметить, что анализ динамики основных средств и прочих расходов с 2020 по 2023 гг. выявляет значимые аспекты управления активами и ресурсами. Эти показатели имеют прямое отношение к управленческим решениям и финансовой стратегии компании, поскольку отражают как инвестиционную активность, так и эффективность расходов.

Из представленных данных можно видеть, что основные средства компании ООО «Метромаш» показывают значительный рост в 2023 г., достигая уровня в 16,332 млн р., что в 5 раз выше, чем в 2022 г. Это указывает на масштабное вложение в активы, связанное, возможно, с расширением производственных мощностей или приобретением нового оборудования. Такие инвестиции могут свидетельствовать о стратегическом решении усилить производственные возможности и технологическую базу, что важно для поддержания конкурентоспособности в строительной отрасли.

В рассматриваемый период наблюдается значительный рост прочих расходов, которые увеличились с 1,930 млн р. в 2020 г. до 25,624 млн р. в 2023 г. Данное увеличение может быть обусловлено ростом операционных

затрат, включая расходы на сырье, материалы, заработную плату и административные расходы. Увеличение прочих расходов требует внимательного контроля, чтобы гарантировать, что они не оказывают негативного влияния на общую рентабельность бизнеса.

В рамках системы финансового контроля такая динамика требует внимательного анализа и мониторинга для оптимизации затрат и повышения общей эффективности деятельности. Оперативное реагирование на изменения в структуре основных средств и расходов позволяет компании не только адаптироваться к текущим экономическим условиям, но и принимать взвешенные решения по дальнейшим инвестициям и управлению ресурсами. Это, в свою очередь, способствует укреплению финансовой устойчивости и поддержанию стратегического развития в долгосрочной перспективе.

Рассматривая систему финансового контроля в строительной организации, важно отметить, что поддержание стабильного финансового положения является критически важным для долгосрочной устойчивости компании. Стабильное финансовое состояние не только отражает способность организации поддерживать свою платежеспособность и финансировать инвестиции в развитие, но и служит гарантией ее финансовой независимости и ликвидности. В строительной отрасли, где проекты требуют значительных затрат и часто сопряжены с высокими финансовыми рисками, наличие эффективной системы финансового контроля критически важно для обеспечения

График мероприятий текущего финансового года
Schedule of activities for the current fiscal year

Объект проверки	Период	Срок проведения	Ответственное лицо
Контроль сохранности денежных средств и бланков строгой отчетности	Месяц	Ежемесячно в последний рабочий день месяца	Главный бухгалтер
Проверка корректности расчетов с бюджетом, внебюджетными фондами и контрагентами	Месяц	Ежемесячно в последний рабочий день месяца	Внутренний аудитор
Контроль соблюдения порядка выдачи авансов под отчет	Квартал	Ежеквартально в последний рабочий день месяца	Внутренний аудитор
Проверка наличия актов сверки с поставщиками и подрядчиками	Полугодие	На конец завершеного квартала	Внутренний аудитор
Проведение инвентаризации активов	Год	Ежегодно (на конец завершения года)	Главный бухгалтер

Источник: составлено авторами на основе отчетных документов организации.
Source: made by the authors on the basis of reporting documents of organisation.

устойчивого финансового состояния. Это помогает организации не только выживать в условиях рыночной конкуренции, но и обеспечивать успешное выполнение всех обязательств перед клиентами и партнерами [6].

Для поддержания прозрачности и эффективности финансового контроля в ООО «Метромаш» был разработан график мероприятий, направленный на систематическое проведение проверок. В таблице представлен график мероприятий финансового контроля на текущий год, включающий перечень объектов проверки, периодичность их проведения и ответственных лиц.

В малых предприятиях (к которым можно отнести ООО «Метромаш») структура финансового контроля часто оказывается значительно проще по сравнению с крупными организациями (рис. 2), что обусловлено ограниченным объемом операций и транзакций, что, в свою очередь, позволяет сократить количество затрат на поддержание обширной службы финансового аудита и контроля. Упрощение операционных процессов дает возможность малым компаниям поддерживать управленческую эффективность с минимальными ресурсами. Такая модель способствует оптимизации административных расходов и повышению финансовой устойчивости предприятия [7].

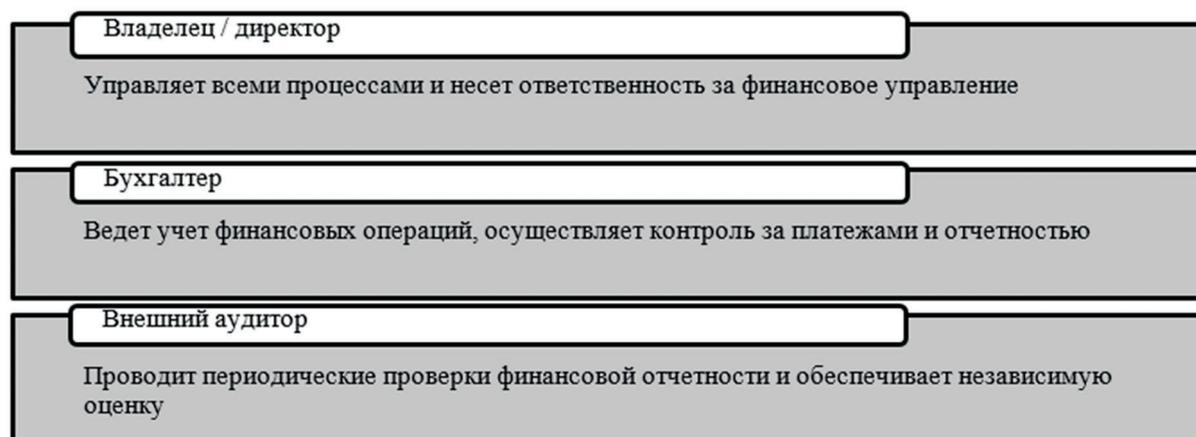


Рис. 2. Схема финансового контроля в малой организации
Fig. 2. Scheme of financial control in a small organization

Источник: составлено авторами на основе отчетных документов организации.
Source: made by the authors on the basis of reporting documents of organization.

Финансовый контроль имеет особенное значение для малого бизнеса, поскольку он напрямую влияет на устойчивость и развитие компании. В условиях ограниченных ресурсов и высокой конкуренции эффективное управление финансами становится ключевым для сохранения ликвидности и избегания финансовых кризисов. Финансовый контроль помогает малым предприятиям оптимизировать расходы, предотвращать неэффективное использование ресурсов и обеспечивать точность финансовой отчетности, что крайне важно для привлечения инвесторов и поддержания доверия кредиторов.

Кроме того, финансовый контроль в малом бизнесе способствует более осознанному принятию управленческих решений, позволяя руководителям лучше понимать экономические тенденции и прогнозировать будущие финансовые потребности. Это важно для стратегического планирования и адаптации к изменениям рыночной среды, что, в свою очередь, способствует долгосрочному росту и успешной конкуренции на рынке.

Таким образом, интеграция финансового контроля в повседневную практику управления малым бизнесом не только улучшает текущее финансовое положение компании, но и создает основу для ее устойчивого развития в будущем. В итоге малые предприятия могут достигать высокой степени бюджетной эффективности и операционной гибкости, используя концентрированные усилия в области финансового планирования и стратегического контроля, что позволяет им реализовывать целесообразные управленческие решения и поддерживать сбалансированное финансовое состояние [8].

В рамках анализа системы финансового контроля в строительной организации рассмотрение динамики изменений в капитале и нераспределенной прибыли, особенно с целью исправления ошибок и изменения учетной политики, имеет ключевое значение [9]. Такой анализ позволяет выявить важность наличия эффективной и надежной системы внутреннего финансового контроля, которая способствует улучшению финансовой прозрачности и точности отчетности [9; 10].

Кроме того, при рассмотрении процесса управления строительными организациями внутренний финансовый контроль выступает как краеугольный камень устойчивого развития. Он охватывает весь управленческий цикл, начиная от планирования и заканчивая выполнением, и играет ключевую роль в поддержании финансовой устойчивости компании в условиях динамичного рыночного окружения. Эффективно функционирующий внутренний финансовый контроль способствует не только эффективному использованию финансовых ресурсов, но и выявлению потенциальных рисков и управлению ими. Это позволяет не только обеспечить финансовую безопасность компании, но и способствует более глубокому пониманию того, как внутренние и внешние факторы влияют на ее операционную деятельность, что важно для сохранения конкурентоспособности и достижения долгосрочных стратегических целей [11].

Следует отметить необходимость своевременного выявления и исправления ошибок в финансовом учете. Например, корректировки, связанные с нераспределенной прибылью и общим капиталом, указывают на ранее допущенные неточности, которые были скорректированы в результате изменений учетной политики и устранения ошибок. Это подчеркивает важность того, чтобы система финансового контроля не только обеспечивала точность текущих расчетов, но и позволяла оперативно реагировать на возникающие расхождения, тем самым поддерживая финансовую стабильность компании [12].

Особенно значимым является корректный расчет себестоимости в строительной отрасли, где точность таких расчетов напрямую влияет на оценку прибыльности проектов и общую финансовую эффективность организации [13]. Например, корректировки нераспределенной прибыли, осуществленные в результате исправления ошибок, могут привести к изменениям в финансовых показателях. Это подчеркивает важность адекватного управления затратами и точности учета затрат на производство, что необходимо для обеспечения точности финансовых резуль-

татов и справедливой оценки экономической эффективности [14].

Корректировки в капитале и нераспределенной прибыли также иллюстрируют, как изменения в учетной политике и процедурах могут повлиять на финансовые отчеты и, соответственно, на принятие управленческих решений [12], что в очередной раз подчеркивает значимость устойчивой системы финансового контроля, которая способна адаптироваться к изменениям в нормативных требованиях и условиях рынка, обеспечивая при этом непрерывность и точность финансовой отчетности [15].

В строительной организации (на примере ООО «Метромаш»), где масштабы проектов и уровень затрат могут существенно варьироваться, наличие надежной системы финансового контроля и точного учета себестоимости проектов является не просто административной необходимостью, а стратегическим фактором, который напрямую влияет на конкурентоспособность, рентабельность и финансовую устойчивость компании [16]. Такая система позволяет не только следить за изменениями в структуре капитала и прибыли, но и адекватно реагировать на изменения внешней и внутренней среды, что является ключом к успешному управлению рисками и оптимизации расходов [17]. Эффективная система финансового контроля обеспечивает ООО «Метромаш» способность принимать обоснованные решения, основанные на точных и актуальных данных, что критически важно для управления проектами в строительной отрасли.

Перечисленные аспекты демонстрируют важность поддержания строгого финансового контроля и точного расчета себестоимости проектов и услуг. Ошибки в этих областях могут привести не только к финансовым потерям, но и к утрате доверия со стороны клиентов и инвесторов, что может негативно сказаться на репутации и рыночном положении компании [18].

Надлежащий учет и контроль, укрепленные постоянным мониторингом и адаптацией к изменениям в законодательстве и

рыночных условиях, являются неотъемлемой частью стратегического управления в строительной индустрии. Они позволяют не только эффективно управлять текущими проектами, но и стратегически планировать будущие инициативы, оптимизировать расходы и максимизировать прибыль. В конечном итоге это способствует укреплению финансовой устойчивости и поддержанию высокого уровня конкурентоспособности на рынке [19].

В контексте укрепления системы финансового контроля в строительной организации (на примере ООО «Метромаш») особого внимания заслуживает точность расчета себестоимости. Этот аспект является фундаментальным для обеспечения целостности финансовой отчетности и эффективности внутреннего управления затратами [20]. Ошибки в расчете себестоимости могут привести к значительным финансовым искажениям, которые влияют на принятие управленческих решений и могут подорвать доверие к финансовой документации компании как со стороны внутренних, так и внешних заинтересованных сторон [21].

Заключение

Эффективная система финансового контроля должна гарантировать, что расчеты себестоимости проводятся с максимальной точностью и своевременно обновляются для отражения текущих условий рынка и внутренних процессов. В ООО «Метромаш», учитывая динамично меняющуюся природу строительного бизнеса, точный учет себестоимости необходим для корректного планирования цен, определения бюджетов проектов и управления финансовыми рисками [22].

Таким образом, усиление финансового контроля, а также точная система расчета себестоимости позволяют строительным компаниям не только оптимизировать текущие операционные процессы, но и стратегически планировать будущее развитие с целью повышения конкурентоспособности компании и укрепления ее позиций на рынке.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Родионова В. М. Финансовый контроль М.: ФБК-ПРЕСС, 2002. 320 с.
2. Цыренова И. Ц. Анализ проблем развития системы государственного финансового контроля в Российской Федерации // Бизнес в законе. 2011. № 2. С. 342–344.
3. Экономический словарь для специалистов по рыночной экономике / Ю. Г. Одегов и др. М.: Изд-во Российской экономической акад., 2006. 663 с.
4. Зимакова Л. А., Мельникова А. О., Гайворонский А. Д. Эффективный внутренний контроль как важная составляющая функционирования бизнеса // Вестн. Белгород. ун-та кооперации, экономики и права. 2021. № 1. С. 244–255. DOI: 10.21295/2223-5639-2021-1-244-255
5. Шеремет А. Д., Негашев Е. В. Методика финансового анализа деятельности коммерческих организаций. М.: ИНФРА-М, 2008. 208 с.
6. Довтаев С. А. Ш. Направления улучшения финансового состояния строительной компании // Деловой вестн. предпринимателя. 2021. № 3(1). С. 38–41. DOI: 10.24412/2687-0991-2021-11018
7. Наугольнова И. А. Проблемы внедрения и реализации процессного управления на действующих предприятиях и варианты их решения // Экономика и предпринимательство. 2023. № 2(151). С. 921–924. DOI: 10.34925/EIP.2023.151.2.182
8. Нечаева М. Л., Лысова Е. А. Система финансового контроля в управлении предприятием малого бизнеса: методы и инструменты реализации // Дайджест-финансы. 2022. Т. 27, № 1. С. 108–126.
9. Светкина И. А. Актуализация отдельных элементов системы внутреннего контроля участников инвестиционно-строительного проекта // Общество: политика, экономика, право. 2023. № 5(118). С. 129–136. DOI: 10.24158/per.2023.5.18
10. Цвиркун О. А. Система финансового контроля в строительной организации ООО «СТРОЙИНДУСТРИЯ-НК» // Цифровая экономика и инновации. 2022. № 1. С. 50–55. DOI: 10.18323/2221-5689-2022-1-50-55
11. Петров А. М. Основные принципы, приемы и способы внутреннего финансового контроля // Экономические науки. 2021. № 194. С. 131–135. DOI: 10.14451/1.194.131
12. Комиссарова А. В. Методы определения финансовой несостоятельности и пути финансового оздоровления // Актуальные проблемы экономики и управления в XXI веке: сб. науч. ст., Новокузнецк, 25–27 мар. 2019 г. Новокузнецк: Сиб. гос. индустриальный ун-т, 2019. Ч. 2. С. 99–103.
13. Internal control over financial reporting Handbook – July 2023. URL: <https://kpmg.com/kpmg-us/content/dam/kpmg/frv/pdf/2023/handbook-internal-controls-over-financial-reporting.pdf> (accessed: 19.12.2024).
14. Бобровский П. И. Формирование себестоимости работ по договору подряда в компаниях-субъектах строительной деятельности // Экономика в теории и на практике: актуальные вопросы и современные аспекты: сб. ст. V Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 25 июня 2020 г. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г. Ю.), 2020. С. 71–74.
15. Overview of actions to strengthen financial stability of companies / F. Yerdavletova, B. Ermekbaeva, G. Zhunisova, Z. Mukhametzhanova // E3S Web of Conf.: 1st Internю Confю on Business Technology for a Sustainable Environmental System, BTSES 2020, Almaty, 19–20 Mar 2020. Almaty: EDP Sciences, 2020. Vol. 159. P. 04016. DOI: 10.1051/e3sconf/202015904016
16. Bimendiyeva L., Sadykhanova G., Bekmetova A. Financial stability of the enterprise as an opportunity to ensure competitiveness // Proceedings of the 33rd International Business Information Management Association Conf., IBIMA 2019: Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020 : 33, Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020, Granada, 10–11 apr. 2019. Granada, 2019. P. 4978–4983.

17. Иванова Р. А. Сущность и основные направления финансового контроля // Современные вызовы экономики и систем управления в России в условиях многополярного мира: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., приуроченной к 105-летию Финуниверситета, Санкт-Петербург, 25–26 апр. 2024 г. Санкт-Петербург: ООО «Скифия-принт», 2024. С. 126–131.
18. Меделяева З. П., Трунова Е. Б., Ширококов В. Г. Совершенствование управленческого учета как элемента системы управления затратами организации // Вестн. Воронеж. гос. аграрного ун-та. 2019. Т. 12, № 1(60). С. 180–192. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.180
19. Абдуллаев Л. И. Организационные особенности учета себестоимости продукции на предприятиях // Сумгаитский гос. ун-т. Науч. изв. Сер. Социальные и гуманитарные науки. 2021. Т. 17, № 3. С. 70–73.
20. Галстян А. М. Влияние структуры затрат на финансовое состояние строительных организаций // Мировая экономика и мировые финансы: тенденции и перспективы развития: сб. ст. по результатам проведения VI Междунар. форума Финансового ун-та, секции Междунар. финансового факультета и Факультета международных экономических отношений, Москва, 26–28 нояб. 2019 г. / под ред. М. И. Сидоровой, Е. В. Оглоблиной. М.: Научные технологии, 2020. С. 286–295.
21. Попов С. А. К вопросу о проблемах управления затратами в организации // Управление и экономика в XXI веке. 2021. № 1. С. 22–32.
22. Management of the company's investment projects in anti-crisis management and their impact on the environment / N. Alashbaieva, D. Turekulova, A. Kapenova et al. // J. of Environmental Management and Tourism. 2021. Vol. 12, № 7. P. 1914–1929. DOI: 10.14505/jemt.v12.7(55).17

Информация об авторах

Мельник Алексей Георгиевич – аспирант, Международный банковский институт им. Анатолия Собчака, Экономика и Финансы (адрес: 191023, Россия, Санкт-Петербург, Невский пр., д. 60), генеральный директор, ООО «АКМ» (адрес: 197375, Россия, Санкт-Петербург, Автобусная ул, д. 5Б, помещ. 306а).

Пименова Анна Лазаревна – д.э.н., профессор кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита, Санкт-Петербургский государственный экономический университет (адрес: 191023, Россия, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32А).

Статья поступила в редакцию 01.11.2024, принята к публикации после рецензирования 13.01.2025, опубликована онлайн 31.03.2025.

References

1. Rodionova V. M. Financial control. M., FBK-PRESS, 2002, 320 p.
2. Tsyrenova I. T. The analysis of problems in the state financial control system development in the Russian Federation. Business in Law. 2011, no. 2, pp. 342–344.
3. Odegov U. G. et al. Economic Dictionary for Market Economy Specialists. M., Publishing House of the Russian Economic Academy, 2006, 663 p.
4. Zimakova L. A., Melnikova A. O., Gaivoronsky A. D. Effective internal control as an important component of business functioning. Herald Belgorod university of cooperation, economics and law. 2021, no. 1, pp. 244–255. DOI: 10.21295/2223-5639-2021-1-244-255
5. Sheremet A. D., Negashev E. V. Methodology for Financial Analysis of Commercial Organizations. M., INFRA-M, 2008, 208 p.
6. Dovtaev S-A. Sh. Directions for improving the financial condition of a construction company. Entrepreneur's Business Herald. 2021, no. 3 (1), pp. 38–41. DOI: 10.24412/2687-0991-2021-11018

7. Naugolnova I. A. Problems of implementation and implementation of process management at existing enterprises and their solutions. *Journal of Economy and entrepreneurship*. 2023, vol. 17, no. 2, pp. 921–924. DOI: 10.34925/EIP.2023.151.2.182
8. Nechaeva M. L., Lisova E. A. Financial control system in the management of a small business enterprise: methods and tools. *Digest Finance*. 2022, vol. 27, iss. 1, pp. 108–126.
9. Svetkina I. A., Buinitsky G. G., Zotova A. S. Updating of Certain Elements of the Internal Control System of Participants in an Investment and Construction Project. *Society: Politics, Economics, Law*. 2023, vol. 5, pp. 129–136. DOI: 10.24158/pep.2023.5.18 (In Rus.)
10. Tsvirkun O. A. Financial control system in the construction organization STROY-INDUSTRIYA-NK LLC. *Digital Economy & Innovations*. 2022, no. 1, pp. 50–55. DOI: 10.18323/2221-5689-2022-1-50-55
11. Petrov A. M. Basic principles, methods and methods of internal financial control. *Economic Sciences*. 2021, no. 1 (194), pp. 131–135. DOI: 10.14451/1.194.131
12. Komissarova A. V. Methods of Determining Financial Insolvency and Ways of Financial Recovery. *Current Problems of Economics and Management in the 21st Century: Collection of Scientific Articles*, Novokuznetsk, March 25–27, 2019. Novokuznetsk, Siberian State Industrial University, 2019, pt. 2, pp. 99–103.
13. Internal Control over Financial Reporting Handbook – July 2023. URL: <https://kpmg.com/kpmg-us/content/dam/kpmg/frv/pdf/2023/handbook-internal-controls-over-financial-reporting.pdf> (accessed: 19.12.2024).
14. Bobrovsky P. I. Formation of Costing for Contract Work in Construction Activity Companies. *Economics in Theory and Practice: Current Issues and Modern Aspects: Collection of Articles of the 5th International Scientific-Practical Conference*, Penza, June 25, 2020. Penza, Science and Enlightenment (IP Gulyaev G. Y.), 2020, pp. 71–74.
15. Yerdavletova F., Ermekbaeva B., Zhunissova G., Mukhametzhanova Z. Overview of actions to strengthen financial stability of companies. *E3S Web of Conferences: 1st International Conference on Business Technology for a Sustainable Environmental System, BTSES 2020*, Almaty, 19–20 mar. 2020. Almaty, EDP Sciences, 2020, vol. 159, p. 04016. DOI: 10.1051/e3sconf/202015904016
16. Bimendiyeva L., Sadykhanova G., Bekmetova A. Financial stability of the enterprise as an opportunity to ensure competitiveness. *Proceedings of the 33rd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2019: Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020: 33, Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020*, Granada, April 10–11, 2019. Granada, 2019, pp. 4978–4983.
17. Ivanova R. A. The Essence and Main Directions of Financial Control. *Modern Challenges of Economics and Management Systems in Russia in a Multipolar World: Collection of Articles of the International Scientific-Practical Conference, Dedicated to the 105th Anniversary of the Financial University, Saint Petersburg*, 25–26, 2024. Saint Petersburg, LLC «Scythia-print», 2024, pp. 126–131.
18. Medelyaeva Z. P., Trunova E. B., Shirobokov V. G. Improvement of management accounting as an element of cost management system of the organisation. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019, vol. 12, no. 1 (60), pp. 180–192. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.180
19. Abdullayev L. I. Organizational features of production cost accounting at enterprises. *Sumgayit State University Scientific News. Series for Social and Humanitarian Sciences* 2021, vol. 17, no. 3, pp. 70–73.
20. Galstyan A. M. The Impact of Cost Structure on the Financial Condition of Construction Organizations. *World Economy and World Finances: Trends and Development Perspectives: Collection of Articles Based on the Results of the VI International Forum of the Financial University, Sections of the International Finance Faculty and the Faculty of International Economic Relations*, Moscow, November 26–28, 2019. Ed. by M. I. Sidorova, E. V. Ogloblina. Moscow, Scientific Technologies, 2020, pp. 286–295.

21. Popov S. A., Pereverseva M. N. On the issue of cost management challenges in an organization. *Management and economics in XXI century*. 2021, no. 1, pp. 22–32.

22. Alashbaieva N., Turekulova D., Kapenova A. et al. Management of the company's investment projects in anti-crisis management and their impact on the environment. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2021, vol. 12, no. 7, pp. 1914–1929. DOI: 10.14505/jemt.v12.7(55).17

Information about the authors

Aleksei G. Melnik, post-graduate student, Anatoly Sobchak International Banking Institute, Economics and Finance (address: 191023, Russia, Saint Petersburg, Nevsky pr., bldg. 60), General Director, AKM LLC (address: 197375, Russia, Saint Petersburg, Avtobusnaya St., 5B, room 306a).

Anna L. Pimenova, DSc (Economics), full professor of the Department of Accounting, Analysis and Audit, St Petersburg State University of Economics (address: 191023, Russia, Saint Petersburg, Griboyedov Canal Embankment, 30-32A).

The article was submitted on 01.11.2024, accepted for publication after reviewing on 13.01.2025, published online on 31.03.2025.

Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 136–143
St Petersburg Economic Journal. 2025, no. 1, pp. 136–143

Научная статья
УДК 51-77:330.4

ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ФИРМЫ

CONSTRUCTION OF A COMPREHENSIVE INDICATOR FOR ASSESSING THE HUMAN RESOURCES POTENTIAL OF A COMPANY'S DIVISIONS

Е. Ю. Тараненко

к.э.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург, Россия, tarlen2004@list.ru

E. Yu. Taranenko

PhD (Economics), Associate Professor, St Petersburg State University of Technologies and Design, Saint Petersburg, Russia, tarlen2004@list.ru

Е. В. Потапов

аспирант, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург, Россия, 7477854potapov@inbox.ru

E. V. Potapov

Post-Graduate Student, St Petersburg State University of Technologies and Design, Saint Petersburg, Russia, 7477854potapov@inbox.ru

П. В. Голубенко

аспирант, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия, p-golubenko@mail.ru

P. V. Golubenko

Post-Graduate Student, Saint Petersburg Electrotechnical University, Saint Petersburg, Russia, p-golubenko@mail.ru

П. В. Марченко

аспирант, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) Санкт-Петербург, Россия, pmarchenko@mail.ru

P. V. Marchenko

Post-Graduate Student, Saint Petersburg Electrotechnical University, Saint Petersburg, Russia, pmarchenko@mail.ru

***Аннотация.** В статье исследуется проблема построения универсальной метрики для всесторонней оценки квалификации кадрового потенциала подразделения предприятия. Детально разбираются теоретические аспекты создания таких метрик на основе принципов квалиметрии. Рассмотрены теоретические основы построения обобщенных показателей на принципах квалиметрии. Квалиметрия представляет собой методологию количественной оценки качества продукции, услуг или других объектов, что позволяет учитывать различные факторы и параметры при оценке их совокупного качества. Применение принципов квалиметрии к оценке квалификационного состава персонала является перспективной задачей, так как это дает возможность более точно оценивать потенциал работников и прогнозировать эффективность их деятельности. Предложена система единичных показателей квалификации: доля сотрудников с высшим образованием, доля сотрудников с профильным высшим образованием, средний возраст, средний стаж работы по специальности. После определения основных показателей был проведен процесс ранжирования их значимости с привлечением*

© Тараненко Е. Ю., Потапов Е. В., Голубенко П. В., Марченко П. В., 2025

группы экспертов. Эксперты оценили важность каждого показателя в контексте специфики работы конкретного подразделения. На основе этих оценок были рассчитаны весовые коэффициенты, которые позволили учесть вклад каждого показателя в итоговую оценку квалификации кадров.

Также была исследована конкорданция (согласованность) мнений экспертов. Это позволило убедиться в том, что оценки различных специалистов совпадают и отражают объективную картину значимости рассматриваемых параметров.

Для проверки работоспособности предложенной методики была проведена апробация на примере оценки квалификации сотрудников предприятия X. Результаты показали высокую степень корреляции между предложенным показателем и реальными показателями производительности труда, что подтверждает практическую значимость разработанного подхода. Таким образом, статья демонстрирует возможности применения методов квалиметрии для создания комплексных систем оценки квалификации персонала, что способствует повышению точности управления кадровым потенциалом и улучшению производственных результатов.

Ключевые слова: устойчивое развитие, кадровый потенциал, обобщенный показатель, квалиметрия, экспертная оценка, коэффициенты весомости, коэффициент конкордации

Abstract. The paper examines the problem of constructing a universal metric for a comprehensive assessment of the qualifications of the personnel potential of an enterprise division. The paper examines in detail the theoretical aspects of creating such metrics based on the principles of qualimetry. The paper considers the theoretical foundations for constructing generalized indicators based on the principles of qualimetry. Qualimetry is a methodology for quantitatively assessing the quality of products, services or other objects, which allows taking into account various factors and parameters when assessing their overall quality. Applying qualimetry principles to assessing the qualifications of personnel is a promising task, since it makes it possible to more accurately assess the potential of employees and predict the effectiveness of their activities. A system of single qualification indicators is proposed: the proportion of employees with higher education, the proportion of employees with specialized higher education, average age, average length of service in the specialty. After determining the main indicators, a process of ranking their significance was carried out with the involvement of a group of experts. The experts assessed the importance of each indicator in the context of the specifics of the work of a particular division. Based on these assessments, weighting factors were calculated, which made it possible to take into account the contribution of each indicator to the final assessment of the qualifications of personnel. The concordance (consistency) of expert opinions was also studied. This made it possible to verify that the assessments of various specialists coincide and reflect an objective picture of the significance of the parameters under consideration. To test the operability of the proposed methodology, an approbation was conducted using the example of assessing the qualifications of employees of company X. The results showed a high degree of correlation between the proposed indicator and real indicators of labor productivity, which confirms the practical significance of the developed approach. Thus, the article demonstrates the possibilities of using qualimetry methods to create complex systems for assessing the qualifications of personnel, which helps to increase the accuracy of human resource management and improve production results.

Keywords: sustainable development, human resources, generalized indicator, qualimetry, expert assessment, weighting coefficients, concordance coefficient

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Введение, цель

Кадровый потенциал организации – это общая, количественная и качественная характеристика персонала как одного из видов ресурсов, связанная с выполнением возложен-

ных на него функций и достижением целей перспективного развития предприятия. Это имеющиеся и потенциальные возможности работников как целостной системы коллектива, которые могут быть использованы и исполь-

зуются в определенный момент времени. Кадровый потенциал является составной частью трудового потенциала предприятия.

Для проведения оценки кадрового потенциала необходимо выделить ключевые показатели, которые влияют на оценку, а именно укомплектованность штата, уровень квалификации сотрудников, соответствие требованиям деятельности (профессии) и др.

Кадровые ресурсы подразделений компании являются не просто двигателем, но и важным стратегическим активом, способным поднять организацию на новую ступень развития. Они обеспечивают стабильный рост в условиях высокой конкуренции.

Целью данного исследования является разработка методики комплексной оценки кадрового потенциала предприятия для обеспечения его устойчивого развития, учитывающей такие факторы, как уровень образования, профессиональный опыт, возрастной состав и другие важные характеристики сотрудников. В ходе обзора литературы можно увидеть, что существуют разные подходы для оценки и управления кадрового потенциала [1–5], в зависимости от компании. Это может быть как цифровая компания [6; 14], так и не цифровая [8; 15]. Опираясь на разные методологии [9–12], можно провести оценку и сделать выводы [7; 13].

На примере организации IT-компании с численностью сотрудников более 100 человек рассмотрим вопрос построения обобщенного показателя оценки кадрового потенциала подразделения фирмы.

С 2000 г. рассматриваемая компания занимается созданием, внедрением и поддержкой профессиональных IT-решений для коммерческих структур, государственных учреждений и частных пользователей. Компания предлагает эффективные программы для бухгалтерского учета, внешней и внутренней системы электронного документооборота, а также для подачи отчетности в государственные органы. Разработанные компанией X программные решения полностью адаптированы для работы с маркируемыми и отслеживаемыми товарами.

Методы исследования

В общем виде обобщенный показатель квалификации работника представляет собой математическую зависимость от всех единичных показателей квалификации (ЕПК):

$$\theta = f(P_1, P_2, \dots, P_n),$$

где θ – значение обобщенного показателя; P_n – значение n -го единичного показателя; n – количество единичных показателей.

На практике в качестве такой зависимости в задачах оценки качества продукции наиболее часто используется средневзвешенная арифметическая [1; 2].

$$\theta = \sum_{i=1}^n a_i g(P_i),$$

где a_i – коэффициент весомости (важности) i -го единичного показателя;

$$g(P_i) = \begin{cases} \frac{P_i}{P_{in}}, & \text{– если с ростом значения показателя} \\ & P_i \text{ квалификация улучшается;} \\ \frac{P_{in}}{P}, & \text{– если с ростом значения показателя} \\ & P_i \text{ квалификация ухудшается} \end{cases}$$

– значение i -го показателя в безразмерном (нормированном) виде, где P_{in} – нормировочное значение i -го единичного показателя квалификации.

В качестве нормировочного значения обычно используется наилучшее значение среди рассматриваемых объектов [3].

Значения коэффициентов весомости ЕПК устанавливаются экспертами. Опрос и обработка его результатов ведутся с применением научно обоснованных процедур.

К коэффициентам весомости предъявляются следующие требования:

- не должны зависеть от оцениваемых сотрудников;
- должны быть положительными числами ($a_i > 0$);
- сумма всех коэффициентов весомости должна равняться единице:

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1.$$

Процесс взаимодействия с экспертами состоит из нескольких шагов.

Шаг 1. Формирование набора индивидуальных критериев для оценки сотрудников. Организатор экспертизы подготавливает предварительный список критериев, которые будут использоваться для оценки сотрудников. Этот список отправляется всем экспертам для ознакомления. На данном этапе каждый эксперт имеет возможность исключить из списка те критерии, которые, по его мнению, не имеют существенного значения, либо добавить дополнительные пункты, которые он считает важными. Далее все эксперты собираются для обсуждения внесенных изменений. Если возникают разногласия по поводу включения или исключения какого-либо критерия, окончательное решение принимается большинством голосов путем голосования.

Шаг 2. Ранговый порядок критериев по значимости. После того как был утвержден финальный набор критериев, начинается этап их ранжирования. Каждый эксперт индивидуально оценивает важность каждого критерия, присваивая ему соответствующий ранг. Наиболее значимому критерию присваивается ранг 1, следующему по важности – ранг 2 и так далее до конца списка. Если у эксперта возникают трудности с определением приоритета между несколькими критериями, он может присвоить им одинаковые ранги. В таких случаях для получения итогового рейтинга используется расчет среднего арифметического значения между рангами неразличимых критериев.

Шаг 3. Анализ согласованности мнений экспертов. Завершающий шаг процесса заключается в оценке степени согласованности мнений всех экспертов. Для этого применяется специальный статистический показатель – коэффициент конкордации, который позволяет измерить, насколько мнения экспертов совпадают по поводу ранжированных критериев. Это важный момент, поскольку высокая степень согласованности указывает на общую уверенность в правильности выбора критериев и их приоритетов, тогда как низкая степень может свидетельствовать о необходимости пересмотра результатов анализа:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^N r_{ij} - \frac{N(n+1)}{2} \right)^2}{N^2(n^3 - n) - N \sum_{j=1}^N L_j},$$

где N – количество экспертов; n – количество единичных показателей; r_{ij} – ранг i -го показателя, присвоенный j -м экспертом; L_j – показатель связанных рангов у j -го эксперта, определяемый по формуле

$$L_j = \sum_{v=1}^{k_j} (k_{jv}^3 - k_{jv}),$$

где k_{jv} – число одинаковых рангов в группе v у j -го эксперта; k_j – число групп показателей с одинаковыми рангами у j -го эксперта.

Значение W может меняться в диапазоне от 0 (при полном отсутствии согласия) до 1 (при полном совпадении результатов ранжирования у всех экспертов). Степень согласованности экспертных оценок считается приемлемой, если $W > 0,7$.

Шаг 4. Определение итоговых рангов. Для каждого критерия вычисляются суммарные ранги с учетом мнения всех экспертов. Итоговая сумма рангов представляет собой общее мнение группы экспертов о том, какой приоритет следует присвоить каждому критерию:

$$R_i = \sum_{j=1}^N r_{ij},$$

и все единичные показатели упорядочиваются по возрастанию значений R_i .

Шаг 5. Преобразование ранговых оценок в весовые коэффициенты. Для перевода ранговых оценок (r_1, r_2, \dots, r_n) в весовые коэффициенты используются специальные математические методы. Одним из распространенных методов является формула Фишборна, которая позволяет преобразовать ранги в числовые веса, отражающие относительную важность каждого критерия:

$$a_i = \frac{2(n - r_i + 1)}{n(n + 1)}.$$

Эта формула предполагает линейное убывание весов от ранга к рангу. Наиболее важному показателю присваивается вес n , наименее важному – 1. Далее эти веса нормируются на сумму натуральных чисел от 1 до $n((n + 1)n / 2)$.

Результаты и дискуссия

Экспертам была предоставлена задача провести ранжирование пяти ключевых пока-

зателей кадрового потенциала подразделений компании. Эти показатели включали следующие параметры:

1. Доля сотрудников с высшим образованием (P_1) – данный показатель отражает общий образовательный уровень персонала подразделения.

2. Доля сотрудников с профильным высшим образованием (P_2) – этот параметр показывает, сколько специалистов имеют образование, непосредственно связанное с выполняемой работой, что важно для повышения эффективности труда.

3. Средний возраст сотрудников (P_3) – возрастная структура коллектива влияет на динамику работы, способность к адаптации и инновациям, а также на преемственность знаний внутри команды.

4. Средний стаж работы (P_4) – продолжительность общего трудового стажа работников может говорить об опыте и стабильности коллектива.

5. Средний стаж работы по специальности (P_5) – этот показатель характеризует специфику опыта сотрудников именно в той области, в которой они работают сейчас, что особенно важно для поддержания высокого уровня профессионализма.

Результаты ранжирования этих показателей представлены в табл. 1.

Коэффициент конкордации, характеризующий степень согласованности мнений экспертов, составил 0,824, что говорит об очень хорошей согласованности мнений (более 0,8).

Результаты оценки кадрового потенциала подразделения по этим критериям приведе-

ны в табл. 2. На основании анализа данной таблицы видно, что нормировочные значения показателей составляют:

$$P_{1н} = 1, \quad P_{2н} = 1, \quad P_{3н} = 39 \text{ лет}, \\ P_{4н} = 10,2 \text{ лет}, \quad P_{5н} = 6 \text{ лет}.$$

Очевидно, что предпочтение отдается большому стажу работы и большому стажу работы по специальности. Что касается среднего возраста сотрудников подразделений, то здесь вопрос не столь однозначен: плохо, когда сотрудники слишком молодые или слишком старые. По-видимому, оптимальный возраст составляет около 40 лет, а к этому значению наиболее близко приближается средний возраст отдела аналитики (39 лет), который и выбран в качестве нормировочного значения.

Оценки единичных показателей в безразмерном виде и вычисленные значения обобщенного показателя приведены в табл. 3.

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод, что наивысшим кадровым потенциалом в организации обладает отдел аналитики (0,84), на втором месте – отдел по работе с корпоративными клиентами (0,71), на третьем – отдел технической поддержки (0,63), на четвертом – отдел входящих обращений (0,54) и на последнем месте – отдел активных продаж (0,45).

Заключение

Проведенное исследование показало, что для успешной реализации стратегии устойчивого развития необходимо учитывать широкий спектр показателей, таких как уровень образования сотрудников, их профессиональный

Табл. 1. Ранговая оценка показателей

Tab. 1. Ranking of indicators

№ эксперта	Ф.И.О.	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
1	Иванов С. А.	1	2	4	5	3
2	Белов А. М.	1	2	5	3	4
3	Арбузов И. А.	2	1	3	5	4
4	Михайлов Д. В.	1	2	3	5	4
5	Алексеев М. Л.	1	2	3	5	4
Сумма рангов	–	6	9	18	23	19
Итоговый ранг	–	1	2	3	5	4
Коэффициент весомости	–	0,333	0,267	0,2	0,067	0,133

Источник: составлено авторами по материалам, предоставленным компанией X.

Source: made by the authors based on information provided by company X.

Табл. 2. Оценка кадрового потенциала подразделений по единичным показателям
 Tab. 2. Evaluation of the personnel potential of departments based on individual indicators

Подразделение	P_1	P_2	P_3 (лет)	P_4 (лет)	P_5 (лет)
Отдел технической поддержки	0,70	0,60	31,5	4,2	2
Отдел входящих обращений	0,60	0,30	29,6	5,5	3,33
Отдел активных продаж	0,70	0,20	22	3,2	1,2
Отдел по работе с корпоративными клиентами	0,80	0,50	32	6,5	4,67
Отдел аналитики	1,00	0,90	39	10,2	6

Источник: составлено авторами по материалам, предоставленным компанией X.

Source: made by the authors based on information provided by company X.

Табл. 3. Обобщенная оценка сотрудников подразделения
 Tab. 3. General assessment of the department employees

Подразделение	$g(P_1)$	$g(P_2)$	$g(P_3)$	$g(P_4)$	$g(P_5)$	θ
Отдел технической поддержки	0,7	0,6	0,807692	0,411765	0,333333	0,626767
Отдел входящих обращений	0,6	0,3	0,758974	0,539216	0,555	0,541743
Отдел активных продаж	0,7	0,2	0,564103	0,313725	0,2	0,447069
Отдел по работе с корпоративными клиентами	0,8	0,5	0,820513	0,637255	0,778333	0,710364
Отдел аналитики	1	0,4	1	1	1	0,84

Источник: составлено авторами по материалам, предоставленным компанией X.

Source: made by the authors based on information provided by company X.

опыт, возрастной состав и другие характеристики. Результаты анализа свидетельствуют о том, что наиболее важными факторами являются стаж работы и стаж работы по специальности, что подтверждает значимость опыта и профессионализма в достижении долгосрочных целей предприятия. Вместе с тем средний возраст сотрудников также играет важную роль, поскольку оптимальное соотношение молодых и опытных специалистов способствует поддержанию баланса между инновациями и стабильностью. Таким образом, комплексное рассмотрение всех указан-

ных параметров позволяет создать основу для разработки эффективных мер по улучшению кадрового потенциала и обеспечению устойчивого развития предприятия. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку моделей прогнозирования изменений в кадровом составе, изучение влияния цифровизации на структуру кадрового потенциала, развитие методов управления знаниями, оптимизацию управленческих решений на основе анализа кадрового потенциала и сравнительный анализ международных подходов к оценке и развитию кадрового потенциала.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Малафеевский Т. А., Семёнов В. П. Система показателей региональной устойчивости: принципы разработки и источники информации // Петерб. экон. журн. 2023. № 3. С. 75–88.
2. Молчанова Р. В. Предпосылки формирования принципа непрерывности в подготовке кадров авиационной отрасли // Петерб. экон. журн. 2022. № 3-4. С. 54–63.
3. Kabalina V., Osipova A. Identifying and assessing talent potential for future needs of a company // The J. of management development. 2022. Т. 41, № 3. С. 147–162.
4. Zhang H. Fuzzy comprehensive evaluation and quantitative weight analysis in structure management of human resources // PLOS ONE. 2023. № 18. С. 7.

5. Федюшина Е. А., Сабетова Т. В., Пономаренко М. В. Оценка эффективности использования и управления человеческими ресурсами компании // Современная экономика: проблемы и решения. 2020. № 5. С. 71–80.
6. Калиновская И. Н. Оценка уровня цифровизации управления человеческими ресурсами организации // Digital Transformation. 2024. № 30. С. 305–316.
7. Fertas N. Comprehensive integral assessment of competitiveness of resource potential of an enterprise // Economic Analysis. 2022. Т. 32, № 2. С. 203–215.
8. Люханова С. В., Солохина А. И. Стратегия развития кадрового потенциала открытого акционерного общества «Российские железные дороги» // Вестн. ун-та. 2024. № 4. С. 89–99.
9. Утевская М. В. Методологические основы формирования стратегии устойчивого развития социально-экономических субъектов // Петерб. экон. журн. 2024. № 1. С. 46–56.
10. Сукиасян Э. Р. Что такое квалиметрия. Об измерении качества в баллах // Научные и технические библиотеки. 2018. № 2. С. 113–116.
11. Application of the integration method to obtain a complex indicator of labor safety / O. Cherniak, N. Sorocolat, L. Fatieieva, I. Bahaiev, Y. Trishch // Bulletin of the National Technical University «KhPI». Series: New solutions in modern technologies. 2023. № 5. С. 60–67.
12. Salimova S. Characteristics of qualimetric assessment in the field of pedagogical processes // UzMU xabarlari. 2024. № 1. С. 199–202.
13. Kashirskaya L. V. Key indicators in the assessment of personnel security // Economic Analysis: Theory and Practice. 2024. № 23. С. 1436–1459.
14. Четыркина Н. Ю., Медведева М. В. Методологические аспекты процедуры оценки эффективности систем менеджмента качества: требования, принципы и ограничения // Петерб. экон. журн. 2024. № 2. С. 26–35.
15. Соловьева М. В. Формирование корпоративной культуры организации как фактор повышения конкурентоспособности (на примере ООО «Торговая компания», Москва) // Transbaikal State University J. 2023. Т. 29, №1. С. 104–120.

Информация об авторах

Тараненко Елена Юрьевна – к.э.н., доцент, директор Института полиграфических технологий и оборудования, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна (адрес: 191186, Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 18).

Потапов Егор Владимирович – аспирант кафедры экономики и финансов, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна (адрес: 191186, Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 18).

Голубенко Павел Владимирович – аспирант, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (адрес: 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5Ф).

Марченко Павел Вячеславович – аспирант, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (адрес: 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5Ф).

Статья поступила в редакцию 10.12.2024, принята к публикации после рецензирования 25.01.2025, опубликована онлайн 31.03.2025.

References

1. Malafeevsky T. A., Semenov V. P. System of indicators of regional sustainability: principles of development and sources of information. St Petersburg Economic Journal. 2023, no. 3, pp. 75–88.

2. Molchanova R. V. Prerequisites for the formation of the principle of continuity in the training of personnel in the aviation industry. *St Petersburg Economic Journal*. 2022, no. 3-4, pp. 54–63.
3. Kabalina V., Osipova A. Identifying and assessing talent potential for future needs of a company. *The Journal of management development*. 2022, vol. 41, no. 3, pp. 147–162.
4. Zhang H. Fuzzy comprehensive evaluation and quantitative weight analysis in structure management of human resources. *PLOS ONE*. 2023, no. 18, p. 7.
5. Fedyushina E. A., Sabetova T. V., Ponomarenko M. V. Assessing the efficiency of using and managing a company's human resources. *Modern Economy: Problems and Solutions*. 2020, no. 5, pp. 71–80.
6. Kalinovskaya I. N. Assessing the level of digitalization of an organization's human resources management. *Digital Transformation*. 2024, no. 30, pp. 305–316.
7. Fertas N. Comprehensive integral assessment of competitiveness of resource potential of an enterprise. *Economic Analysis*. 2022, vol. 32, no. 2, pp. 203–215.
8. Lyukhanova S. V., Solokhina A. I. Strategy for the Development of Human Resources of Russian Railways. *Bulletin of the University*. 2024, no. 4, pp. 89–99.
9. Utevsckaya M. V. Methodological Foundations for Forming a Strategy for Sustainable Development of Socio-Economic Entities. *St Petersburg Economic Journal*. 2024, no. 1, pp. 46–56.
10. Sukiasyan E. R. What is Qualimetry. On Measuring Quality in Points. *Scientific and Technical Libraries*. 2018, no. 2, pp. 113–116.
11. Cherniak O., Sorocolat N., Fatieieva L., Bahaiev I., Trishch Y. Application of the integration method to obtain a complex indicator of labor safety. *Bulletin of the National Technical University «KhPI»*. Series: New solutions in modern technologies. 2023, no. 5, pp. 60–67.
12. Salimova S. Characteristics of qualimetric assessment in the field of pedagogical processes. *UzMU xabarlari*. 2024, no. 1, pp. 199–202.
13. Kashirskaya L. V. Key indicators in the assessment of personnel security. *Economic Analysis: Theory and Practice*. 2024, no. 23, pp. 1436–1459.
14. Chetyrkina N. Yu., Medvedeva M. V. Methodological aspects of the procedure for assessing the effectiveness of quality management systems: requirements, principles and limitations. *St Petersburg Economic Journal*. 2024, no. 2, pp. 26–35.
15. Solovieva M. V. Formation of the corporate culture of the organization as a factor in increasing competitiveness (on the example of Trading Company LLC, Moscow). *Transbaikal State University Journal*. 2023, vol. 29, no. 1, pp. 104–120.

Information about the authors

Elena Yu. Taranenko, PhD (Economics), associate professor, St Petersburg State University of Technologies and Design (address: 191186, Russia, Saint Petersburg, B. Morskaya St., 18).

Egor V. Potapov, post-graduate student of the Department of Economics and Finance, St Petersburg State University of Technologies and Design (address: 191186, Russia, Saint Petersburg, B. Morskaya St., 18).

Pavel V. Golubenko, post-graduate student, Saint Petersburg Electrotechnical University (address: 197022, Russia, Saint Petersburg, Professor Popov St., 5F).

Pavel V. Marchenko, post-graduate student, Saint Petersburg Electrotechnical University (address: 197022, Russia, Saint Petersburg, Professor Popov St., 5F).

The article was submitted on 10.12.2025, accepted for publication after reviewing on 25.01.2025, published online on 31.03.2025.

Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 144–156
St Petersburg Economic Journal. 2025, no. 1, pp. 144–156

Научная статья
УДК 339.137.22

АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ И ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

COMPETITIVENESS ANALYSIS OF RUSSIAN ENTERPRISES UNDER SANCTIONS AND IMPORT SUBSTITUTION

А. Б. Тесля

к.э.н., доцент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия, atesla@spbstu.ru

A. B. Teslya

PhD (Economics), Associate Professor, Peter the Great St Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia, atesla@spbstu.ru

М. Старков

магистрант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия, starkov.m@edu.spbstu.ru

M. Starkov

Master's Student, Peter the Great St Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia, starkov.m@edu.spbstu.ru

С. Тимошкина

магистрант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия, timoshkina.s@edu.spbstu.ru

S. Timoshkina

Master's Student, Peter the Great St Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia, timoshkina.s@edu.spbstu.ru

***Аннотация.** Исследование посвящено анализу конкурентоспособности предприятий, снабжающих лабораторию оборудованием и расходными материалами, в условиях санкций и политики импортозамещения в России. Анализ проведен на основе данных 15 российских компаний, специализирующихся на аналогичном ассортименте продукции. В исследование также были включены два предприятия, которые самостоятельно производят продукцию. Цель данной статьи заключается в расчете динамическим методом и последующем анализе конкурентоспособности предприятий, а также определении деятельности, способствующей повышению конкурентоспособности в условиях импортозамещения. Выявлены основные факторы, влияющие на снижение конкурентоспособности, такие как воздействие санкций, сложности с поставками импортного оборудования и запасных частей, а также рост итоговой стоимости продукции для конечных пользователей из-за дополнительных затрат на преодоление трудностей с импортом. Проведен детальный анализ изменения уровня конкурентоспособности российских предприятий с 2018 по 2023 гг. В результате исследования выявлено, что у ряда предприятий наблюдалось значительное снижение конкурентоспособности, что связано с вышеуказанными факторами. Однако, несмотря на неблагоприятные внешние условия, некоторые предприятия смогли не только сохранить, но и повысить свой уровень конкурентоспособности. Это стало возможным благодаря переориентации на производство и поставку отечественной продукции, активному развитию торговых отношений*

© Тесля А. Б., Старков М., Тимошкина С., 2025

с Китаем, а также эффективному поиску альтернативных путей для обеспечения импорта необходимых ресурсов и комплектующих. Такой стратегический подход позволил данным предприятиям смягчить негативное воздействие санкций и улучшить свои позиции на рынке.

Ключевые слова: конкурентоспособность, импортозамещение, динамический метод, санкции, лаборатории, импорт, оборудование

Abstract. This study focuses on the analysis of the competitiveness of enterprises supplying laboratories with equipment and consumables under the conditions of sanctions and import substitution policies in Russia. The analysis is based on data from 15 Russian companies specializing in a similar range of products. Additionally, two enterprises that independently produce goods were included in the study. The aim of this work is to calculate and subsequently analyze the competitiveness of enterprises using a dynamic method, as well as to identify activities that contribute to enhancing competitiveness under the conditions of import substitution. The study identifies key factors that negatively affect competitiveness, such as the impact of sanctions, difficulties with the supply of imported equipment and spare parts, and the increased final cost of products for end users due to additional import-related expenses. A detailed analysis of changes in the competitiveness levels of Russian enterprises from 2018 to 2023 was conducted. The research revealed a significant decline in competitiveness for several enterprises, largely due to the aforementioned factors. However, despite unfavorable external conditions, some enterprises not only managed to maintain but also improve their competitiveness. This was made possible through a shift towards the production and supply of domestic goods, active development of trade relations with China, and the effective search for alternative import routes to secure necessary resources and components. Such a strategic approach allowed these enterprises to mitigate the negative effects of sanctions and strengthen their market positions..

Keywords: competitiveness, import substitution, dynamic method, sanctions, laboratories, import, equipment

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Введение, цель

В настоящее время успешное развитие предприятий на рынке тесно связано с их конкурентоспособностью [1; 2]. В рамках политики импортозамещения определение ключевых факторов, влияющих на конкурентоспособность, и разработка эффективных мер для ее увеличения становятся особенно значимыми.

Согласно М. Портеру [3], конкурентоспособность означает способность товара, услуги или участника рынка представлять себя на рынке в сравнении с аналогичными товарами, услугами или конкурентами. Развивая идеи Портера, сторонники такого подхода рассматривают конкурентоспособность предприятия через конкурентоспособность предлагаемой им продукции. Другой подход определяет конкурентоспособность предприятия через его способности адаптироваться к новым социальным условиям и эффективно функционировать даже в периоды экономических кризисов [4]. Авторы настоящей

статьи рассматривают конкурентоспособность как комплексное понятие, охватывающее оба аспекта. Таким образом, конкурентоспособность представляет собой комплексный показатель, отражающий способность товара, услуги или участника рынка выступать на рынке в сравнении с конкурентами, что позволяет предприятию адаптироваться к изменяющимся внешним условиям и успешно функционировать в условиях экономических кризисов.

В условиях современной экономической среды, отличающейся высокой степенью конкуренции и динамичными изменениями, вопрос повышения конкурентоспособности предприятий становится одним из ключевых аспектов их успешной деятельности. Актуальной задачей для многих предприятий стала адаптация к политике импортозамещения, требующая не только замены импортных товаров отечественными аналогами, но и повышения эффективности производства и логистики [5].

Для достижения успеха в условиях импортозамещения предприятиям необходимо разрабатывать и применять решения, направленные на увеличение их конкурентоспособности, что является одной из задач настоящей статьи. Тема конкурентоспособности предприятий продолжает привлекать внимание бизнес-сообщества, исследователей и стратегов. Это связано с тем, что успешная адаптация и эффективное функционирование компаний на рынке становятся ключевыми факторами их долгосрочного успеха. Оценка конкурентоспособности компаний приобретает особую актуальность и признается важной не только экспертами в области стратегического менеджмента, но и бизнес-сообществом в целом [6–9].

Актуальной задачей становится выбор предпочтительной методики оценки конкурентоспособности предприятия в общем многообразии подходов к разделению методик оценки конкурентоспособности организации: в зависимости от теоретического содержания, формата отображения результатов и формы математической связи между показателями, а также по другим критериям [10]. Классическая классификация методов оценки конкурентоспособности компаний включает анализ различных факторов, таких как качество продукции, цены, инновации, рыночная доля и маркетинговые стратегии, чтобы выявить сильные и слабые стороны предприятия. Продуктовые методы сосредоточены на оценке качества, цены и уникальных характеристик товаров или услуг в сравнении с конкурентами [11]. В 1950–1960 гг. концепция маркетинга, предложенная Теодором Левиттом [12], акцентировала внимание на удовлетворении потребностей покупателей, что стало ключевым аспектом оценки конкурентоспособности продукции. Матричные методы, такие как SWOT-анализ и матрица Бостонской консалтинговой группы (BCG), используются для анализа внутренних и внешних факторов, влияющих на конкурентоспособность, а также для оценки рыночной доли и роста продуктов, что помогает разрабатывать эффективные стратегии развития [13]. Существует множество матричных методов, направленных на анализ конкурентной позиции предприятия на рынке. К ним

относятся методы М. Портера, И. Ансоффа, Ж.-Ж. Ламбена, А. Томпсона и А. Стрикленда, разработки компаний McKinsey, Shell, Arthur D. Little и др. Эти методы позволяют оценить текущее положение компании по отношению к конкурентам и разработать стратегию для укрепления ее позиций на рынке [14].

Цель данного исследования заключается в оценке конкурентоспособности динамическим методом, выявлении и анализе факторов, влияющих на конкурентоспособность предприятий, и определении деятельности, способствующей повышению конкурентоспособности предприятия в условиях импортозамещения.

В рамках настоящей статьи проводится анализ факторов, влияющих на конкурентоспособность предприятий, предпринимается попытка оценки влияния импортозамещения на их конкурентоспособность. На основе полученных данных ставится задача формирования рекомендаций для предприятий по повышению конкурентоспособности в условиях неопределенности и импортозамещения.

Научная новизна данной статьи заключается в применении динамического метода анализа для оценки конкурентоспособности российских предприятий, работающих в условиях санкций и политики импортозамещения.

Практическая значимость исследования заключается в разработке рекомендаций для повышения конкурентоспособности предприятий, которые могут быть использованы как рассмотренными предприятиями, так и другими секторами экономики, сталкивающимися с аналогичными вызовами. Результаты исследования могут быть полезны для разработки стратегий адаптации к изменениям на рынке, улучшения производственных и логистических процессов, а также для укрепления международных торговых связей.

Методы исследования

В данном исследовании использованы методы динамического и сравнительного анализа для оценки конкурентоспособности предприятий, снабжающих лаборатории России. Объектом исследования является конкурентоспособность предприятий. Под конкурентоспособностью предприятий пони-

мается способность предприятия предлагать продукцию, которая в сравнении с конкурентами позволяет предприятию адаптироваться к изменяющимся внешним условиям и успешно функционировать в условиях импортозамещения. Предметом исследования являются факторы, оказывающие влияние на конкурентоспособность предприятий в условиях импортозамещения.

Исследование организовано в несколько этапов: сначала проводится сбор данных по финансовым показателям 15 российских предприятий, снабжающих лаборатории, включая два производственных предприятия; затем осуществляется динамический анализ этих показателей за 2018–2023 гг. Выбор использования динамического подхода обусловлен необходимостью проведения всестороннего и глубокого анализа конкурентоспособности предприятий. В отличие от классических методов динамический метод расчета конкурентоспособности учитывает не только текущее состояние компаний, но и долгосрочные тенденции и факторы, влияющие на их конкурентоспособность в динамике. Такой подход обеспечивает возможность анализа динамических рядов показателей как отдельных предприятий, так и целых групп компаний, что позволяет получить более объективную картину и разработать эффективные стратегии для повышения конкурентоспособности предприятий в современной экономической среде.

Результаты и дискуссия

В результате анализа возможных подходов для оценки конкурентоспособности предприятия, с учетом целей и задач исследования, был выбран метод оценки эффективности использования экономических ресурсов, предложенный Д. С. Вороновым [15]. Метод основан на динамическом подходе, что позволяет оценивать изменение ключевых экономических показателей компании с учетом фактора времени, в отличие от методов, которые анализируют показатели статически. Метод предполагает выявление ключевых показателей деятельности предприятия, влияющих на его конкурентоспособность, и использование динамического анализа этих показателей. Ключевые индикаторы финансово-хозяйственной

деятельности, коэффициенты операционной эффективности, стратегического позиционирования и финансового состояния далее сводятся в единый интегральный показатель для оценки уровня конкурентоспособности компании [6; 13]. Для обеспечения прозрачности результатов исследования кратко представим рассчитываемые показатели.

Единый интегральный показатель конкурентоспособности предприятия определяется следующим образом [6]:

$$K = K_R K_I K_L, \quad (1)$$

где K – уровень конкурентоспособности анализируемого предприятия; K_R – коэффициент операционной эффективности; K_I – коэффициент стратегического позиционирования; K_L – коэффициент финансового состояния.

Коэффициент операционной эффективности, позволяющий оценить качество управления предприятием собственными операционными ресурсами по сравнению со средними показателями в выборке организаций, определяется следующим образом:

$$K_R = \frac{R_A}{R_S} = \frac{S_A/E_A}{S_S/E_S}, \quad (2)$$

где R_A – операционная эффективность анализируемого предприятия; R_S – операционная эффективность по выборке (под выборкой понимается группа конкурентов, которая является достаточной и необходимой для сравнения с изучаемым предприятием); S_A – выручка (sales) анализируемого предприятия за отчетный период; E_A – издержки (expenses) анализируемого предприятия за отчетный период; S_S – выручка по выборке за отчетный период; E_S – издержки по выборке за отчетный период.

Коэффициент стратегического позиционирования позволяет оценить изменения в стратегическом положении предприятия относительно среднего уровня в выборке за период:

$$K_I = \frac{I_A}{I_S} = \frac{S_A/S_{0A}}{S_S/S_{0S}}, \quad (3)$$

где I_A – индекс изменения выручки анализируемого предприятия за отчетный период; I_S – индекс изменения выручки по выборке за отчетный период; S_{0A} – выручка анализируемого предпри-

ятия в предшествующем периоде; S_{0S} – выручка по выборке в предшествующем периоде.

Коэффициент стратегического позиционирования предоставляет информацию о том, улучшается или ухудшается стратегическое положение предприятия по сравнению с другими организациями в выборке.

Коэффициент финансового состояния показывает отношение ликвидности анализируемого предприятия к ликвидности в выборке на конец отчетного периода:

$$K_L = \frac{L_A}{L_S} = \frac{CA_A/CL_A}{CA_S/CL_S}, \quad (4)$$

где L_A – ликвидность анализируемого предприятия на конец отчетного периода; L_S – ликвидность по выборке на конец отчетного периода; CA_A – оборотные активы (current assets) анализируемого предприятия; CL_A – краткосрочные обязательства (current liabilities) анализируемого предприятия; CA_S – оборотные активы по выборке; CL_S – краткосрочные обязательства по выборке.

Ликвидность определяется как отношение оборотных активов к краткосрочным обязательствам и характеризует способность предприятия погасить свои долги в краткосрочной перспективе.

На основе (2)–(4) получаем следующее выражение, тождественное (1):

$$K = \frac{R_A I_A L_A}{R_S I_S L_S} = \frac{K_A}{K_S}. \quad (5)$$

Уравнение (5) выведено так, что $K_A = R_A I_A L_A$, $K_S = R_S I_S L_S$.

Формула коэффициента конкурентоспособности (5) сравнивает произведение трех факторов (рентабельность, интенсивность использования ресурсов и ликвидность) для анализируемого предприятия с аналогичным произведением для предприятий в выборке. В числителе формулы коэффициента конкурентоспособности находятся показатели исследуемого предприятия, а в знаменателе – показатели для предприятий в выборке или отрасли. Таким образом, числитель представляет конкурентоспособность исследуемого предприятия, а знаменатель – конкурентоспособность конкурентов в выборке или отрасли [13].

Диапазон значений коэффициента конкурентоспособности (K) составляет от 0 до бесконечности. Если коэффициент равен 1, это означает, что конкурентоспособность анализируемого предприятия совпадает со средним значением конкурентоспособности в выборке. Значение больше 1 указывает на высокую конкурентоспособность анализируемого предприятия по сравнению со средним по выборке и может свидетельствовать о его преимуществах на рынке. Значение меньше 1 указывает на низкую конкурентоспособность, что может говорить о проблемах или слабых сторонах предприятия в конкурентной среде.

Для оценки конкурентоспособности предприятий, деятельность которых ориентирована на оснащение предприятий горнодобывающей отрасли, была проведена аналитическая работа на основе данных 15 российских предприятий, специализирующихся на аналогичном ассортименте продукции. Проведенный анализ информации, размещенной на открытых ресурсах предприятий, изучение каталогов продукции, а также информации на площадках тендерных процедур выявили, что основную часть ассортимента продукции составляет импортное оборудование. Это позволило сделать вывод о высокой степени зависимости выбранных предприятий от импортной продукции, что делает их чувствительными к санкционным ограничениям. Также в исследование были включены два предприятия, которые самостоятельно производят продукцию: НПК «Механобр-техника» и «ВИБРОТЕХНИК». Анализ конкурентоспособности этих предприятий представляет особый интерес в контексте санкционного давления на Россию, активной политики импортозамещения и отказа иностранных производителей поставлять свою продукцию на российский рынок. Применение динамического метода анализа позволит оценить изменения в конкурентоспособности предприятий во времени. Особое значение имеет анализ данных за 2022–2023 гг. в связи с вышеупомянутыми факторами.

Для анализа уровня конкурентоспособности предприятий, снабжающих горнодо-

бывающую отрасль, рассмотрим данные за 2018–2023 гг. Исходные данные для анализа были получены из государственного информационного ресурса бухгалтерской (финансовой) отчетности. Важно отметить, что некоторые компании в анализе имеют аффилированные юридические лица и другие тесно связанные компании. Это может усложнить процесс расчета и анализа их конкурентоспособности. В связи с этим авторы оставляют за собой право считать определенные компании аффилированными и объединять их финансовые показатели для более полного понимания их общей конкурентоспособности. Такой подход позволит учесть все факторы, влияющие на результаты анализа, и обеспечить более объективную оценку каждой компании в контексте ее связей с другими организациями.

Информация о выручке, прибыли, оборотных активах и краткосрочных обязательствах представлена в табл. 1–4. Ранжированный список предприятий представлен в табл. 5.

Перед анализом уровня конкурентоспособности предприятий, снабжающих в том числе горнодобывающую отрасль, важно отметить, что данная отрасль сталкивается с рядом

сложностей, которые оказывают существенное влияние на их конкурентоспособность. Импортозависимость таких предприятий обусловлена длительными и устоявшимися отношениями с зарубежными заводами-изготовителями, которые в текущих условиях оказались разорваны или существенно ограничены. При этом недостаток налаженных связей с отечественными производителями приводит к затруднениям в представлении их продукции и снижает возможности эффективной конкуренции на рынке.

Для определения импортозависимости предприятия могут быть использованы следующие подходы:

- анализ доли затрат на импортное сырье, материалы, оборудование, необходимое для осуществления производственно-технологических процессов, в общих расходах предприятия;
- определение коэффициента уровня импортозависимости продукции от использования предоставляемой иностранными поставщиками электронной компонентной базы в конечной продукции предприятия.

Так как авторы ориентировались на открытые источники информации, то был проведен анализ изменения финансовых

Табл. 1. Выручка рассматриваемых компаний, тыс. р.

Tab. 1. Revenue of the companies under consideration, thousand rubles

№ п/п	Компания	Выручка					
		2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	«ИнПроТех»	137 413	228 914	371 803	747 502	681 372	1 086 513
2	«ДВ-Эксперт»	144 255	160 440	218 937	294 521	578 478	1 013 184
3	«Сибирь-комплект»	374 630	368 361	280 447	267 661	195 918	266 676
4	«КДСО»	120 109	118 959	164 768	173 233	49 854	73 767
5	«Импэкс индастри»	262 306	229 249	318 946	157 266	159 239	248 518
6	ГК «Термо Техно»	1 225 724	1 521 609	2 112 630	2 109 138	786 237	1 234 566
7	ГК «Анакон»	244 853	237 342	316 725	323 392	280 364	214 450
8	ГК «НВ-Лаб»	1 057 051	1 277 032	4 155 490	2 650 968	2 816 029	3 937 958
9	НПК «Механобр-техника»	159 837	198 316	276 922	228 161	334 719	414 687
10	«ВИБРОТЕХНИК»	199 446	230 372	291 740	384 186	527 093	628 981
11	«Мелитэк»	1 543 437	1 857 958	1 959 259	2 368 193	1 531 284	2 843 833
12	«МИЛЛАБ»	1 103 494	1 122 869	1 668 246	2 025 019	1 686 038	2 487 938
13	«Химреактивснаб»	1 560 987	1 679 989	1 687 685	1 963 496	1 915 243	1 915 633
14	«НИКОЛАБ»	12 564	20 014	74 243	153 369	184 785	290 396
15	«Лабтех»	340 851	422 622	937 468	1 573 980	1 582 400	2 680 624

Источник: составлено авторами на основе государственного информационного ресурса бухгалтерской (финансовой) отчетности.

Source: compiled by the authors on the basis of the state information resource of accounting (financial) statements.

Табл. 2. Прибыль рассматриваемых компаний, тыс. р.
Tab. 2. Profit of the companies under consideration, thousand rubles

№ п/п	Компания	Прибыль					
		2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	«ИнПроТех»	12 303	20 007	44 453	119 849	37 868	100 283
2	«ДВ-Эксперт»	4 545	4 881	7 718	6 257	39 361	49 299
3	«Сибирь-комплект»	5 507	2 290	84	6 038	3 180	1 143
4	«КДСО»	16 961	13 044	29 737	26 605	-1 089	6 305
5	«Импэкс индастри»	2 694	10 398	10 744	1 789	827	1 103
6	ГК «Термо Техно»	37 982	35 433	85 351	55 847	16 331	23 160
7	ГК «Анакон»	7 222	9 082	32 380	6 685	-11 192	-21 606
8	ГК «НВ-Лаб»	37 506	17 541	290 741	97 249	199 300	282 380
9	НПК «Механобр-техника»	6 129	8 171	19 663	23 006	40 362	47 718
10	«ВИБРОТЕХНИК»	45 125	52 112	91 825	100 155	162 866	274 648
11	«Мелитэк»	153 265	175 734	172 239	217 519	-53 403	109 650
12	«МИЛЛАБ»	75 243	45 671	126 526	154 382	100 452	288 298
13	«Химреактивснаб»	118 789	105 758	140 632	142 970	88 257	117 179
14	«НИКОЛАБ»	570	270	2 479	-3 535	233	8 264
15	«Лабтех»	5 207	6 676	19 001	36 668	45 657	210 148

Источник: составлено авторами на основе государственного информационного ресурса бухгалтерской (финансовой) отчетности.
Source: compiled by the authors on the basis of the state information resource of accounting (financial) statements.

Табл. 3. Оборотные активы рассматриваемых компаний, тыс. р.
Tab. 3. Current assets of the companies under consideration, thousand rubles

№ п/п	Компания	Оборотные активы					
		2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	«ИнПроТех»	57 658	74 921	184 328	273 748	359 735	434 289
2	«ДВ-Эксперт»	30 722	34 951	40 867	83 097	229 768	272 296
3	«Сибирь-комплект»	177 666	141 013	179 382	186 311	186 843	187 737
4	«КДСО»	63 021	77 250	93 475	101 919	73 553	89 214
5	«Импэкс индастри»	234 563	216 607	190 062	222 813	117 915	98 707
6	ГК «Термо Техно»	613 388	946 631	829 314	869 855	702 441	1 025 736
7	ГК «Анакон»	76 671	63 029	92 665	102 098	104 914	95 109
8	ГК «НВ-Лаб»	437 696	690 630	1 593 027	2 083 792	2 654 628	2 623 220
9	НПК «Механобр-техника»	64 604	70 153	98 358	139 395	186 858	169 175
10	«ВИБРОТЕХНИК»	90 379	123 529	199 420	210 398	319 300	537 740
11	«Мелитэк»	654 736	966 110	1 114 014	1 401 011	1 479 615	1 849 520
12	«МИЛЛАБ»	730 575	768 039	1 018 527	1 053 095	1 105 213	1 604 006
13	«Химреактивснаб»	762 192	766 725	885 795	987 150	878 862	941 115
14	«НИКОЛАБ»	6 709	8 922	39 465	108 496	185 710	191 654
15	«Лабтех»	132 010	238 495	349 517	696 433	1 126 527	766 146

Источник: составлено авторами на основе государственного информационного ресурса бухгалтерской (финансовой) отчетности.
Source: compiled by the authors on the basis of the state information resource of accounting (financial) statements.

показателей при введении санкционных ограничений. Таким образом, под импорто-зависимостью авторы в рамках исследования понимали влияние поставок иностранного сырья, материалов, оборудования на технологические процессы и бизнес-процессы.

Табл. 4. Краткосрочные обязательства рассматриваемых компаний, тыс. р.
Tab. 4. Current liabilities of the companies under consideration, thousand rubles

№ п/п	Компания	Краткосрочные обязательства					
		2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	«ИнПроТех»	42 628	51 469	147 294	131 576	214 684	227 491
2	«ДВ-Эксперт»	28 752	31 765	37 257	77 145	190 233	223 035
3	«Сибирь-комплект»	60 469	36 660	59 779	107 607	70 875	53 065
4	«КДСО»	7 355	25 524	25 924	31 987	10 054	23 259
5	«Импэкс индастри»	259 958	242 743	216 351	233 937	151 570	107 810
6	ГК «Термо Техно»	459 504	785 639	617 350	651 248	466 609	766 103
7	ГК «Анакон»	44 580	20 168	109 359	70 541	51 546	66 899
8	ГК «НВ-Лаб»	390 049	638 720	1 329 863	1 671 865	2 151 913	2 165 138
9	НПК «Механобр-техника»	32 638	31 854	44 900	94 537	124 962	78 972
10	«ВИБРОТЕХНИК»	14 259	36 887	55 006	66 684	66 541	85 074
11	«Мелитэк»	205 302	397 678	464 012	696 220	907 205	1 366 116
12	«МИЛЛАБ»	612 776	627 079	793 405	685 704	658 717	873 243
13	«Химреактивснаб»	100 933	77 904	108 486	86 878	41 668	64 792
14	«НИКОЛАБ»	6 709	6 802	34 899	103 877	184 916	185 671
15	«Лабтех»	118 102	226 146	332 657	673 165	1 089 753	611 772

Источник: составлено авторами на основе государственного информационного ресурса бухгалтерской (финансовой) отчетности.

Source: compiled by the authors on the basis of the state information resource of accounting (financial) statements.

Табл. 5. Ранжированный уровень конкурентоспособности (K) рассматриваемых компаний (рассчитано авторами) по сумме 2018–2023 гг.

Tab. 5. Ranked level of competitiveness (K) of the companies under consideration (calculated by the authors) for the sum of 2018–2023

№ п/п	Компания	Уровень конкурентоспособности (K)					
		2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	«Химреактивснаб»	6,046	6,648	3,582	9,174	17,328	6,403
2	«ВИБРОТЕХНИК»	3,722	2,639	2,613	3,271	7,228	5,629
3	«КДСО»	6,157	1,757	2,354	2,267	1,485	2,509
4	«Мелитэк»	2,689	1,848	1,058	1,636	0,704	1,047
5	«ИнПроТех»	0,919	1,388	0,881	2,941	1,176	1,368
6	«Сибирь-комплект»	1,463	1,990	0,868	0,961	1,424	1,961
7	НПК «Механобр-техника»	0,859	1,486	1,265	0,765	1,823	1,208
8	«НИКОЛАБ»	0,468	1,099	1,664	1,196	0,869	0,666
9	«ДВ-Эксперт»	0,686	0,652	0,592	0,841	1,875	0,904
10	ГК «Анакон»	0,889	1,636	0,476	0,856	1,226	0,392
11	«МИЛЛАБ»	0,554	0,627	0,757	1,171	1,077	1,274
12	ГК «НВ-Лаб»	0,683	0,638	1,750	0,370	0,989	0,656
13	«Лабтех»	0,553	0,673	0,902	1,000	0,736	0,929
14	ГК «Термо Техно»	0,535	0,743	0,710	0,753	0,379	0,847
15	«Импэкс индастри»	0,406	0,406	0,472	0,262	0,566	0,574

Источник: составлено авторами на основе государственного информационного ресурса бухгалтерской (финансовой) отчетности.

Source: compiled by the authors on the basis of the state information resource of accounting (financial) statements.

Импортозамещение – процесс производства и продвижения продукции с учетом выбора технологий, замены или модернизации оборудования с целью поддержания конкурентоспособности предприятия в условиях санкционных ограничений.

Санкции против России, введенные рядом стран, включая страны Евросоюза и Соединенные Штаты, ограничили доступ к импортному оборудованию и запасным частям, что привело к необходимости поиска альтернативных поставщиков и технологий [16; 17]. Политика импортозамещения и стремление к увеличению доли отечественного производства также влияют на стратегии развития предприятий [18]. Сложная логистика и невозможность напрямую работать с иностранными партнерами также создают дополнительные трудности для компаний этой отрасли. В результате конечный потребитель нередко оказывается вынужденным выбирать продукцию отечественного производства из-за длительных сроков поставки и повышенной стоимости импортных товаров. В данном контексте анализ уровня конкурентоспособности этих предприятий представляет особый интерес, позволяя оценить их способность эффективно конкурировать на рынке в условиях глобальных перемен.

Стоит отметить, что на предприятия, исследуемые в статье, помимо санкционного давления значительное влияние оказали и другие важные события, произошедшие с 2018 г. Среди них можно выделить пандемию COVID-19, которая привела к нарушениям в глобальных цепочках поставок и снижению деловой активности, а также влияние иных факторов. Эти факторы, очевидно, внесли ограничения на деятельность предприятий и отразились на их финансовых показателях. Однако в настоящем исследовании важным представляется анализ конкурентоспособности предприятий за 2021–2023 гг.

Проведенный анализ предприятий выявил значительные изменения в уровнях конкурентоспособности (K) различных компаний за 2021–2023 гг. В 2022 г. у части исследуемых предприятий, снабжающих горнодобывающую отрасль, наблюдалось снижение уровня

конкурентоспособности по сравнению с 2021 г. Так, «КДСО», «Мелитэк», «ИнПроТех», «НИКОЛАБ», «МИЛЛАБ», «Лабтех», ГК «Термо Техно» демонстрируют снижение данного показателя с 8,02 до 60,02 %. Это связано с различными факторами, включая воздействие санкций, сложности с поставками импортного оборудования и запасных частей, а также с ростом итоговой стоимости продукции для конечных пользователей из-за дополнительных затрат на преодоление трудностей с импортом.

Тем не менее следует отметить, что уровень конкурентоспособности некоторых предприятий либо оставался на прежнем уровне, либо вырос незначительно. Это можно объяснить тем, что эти компании больше ориентированы на продукцию российского происхождения или самостоятельно выпускают необходимые товары на территории России, что позволяет им избежать некоторых проблем, связанных с импортом и санкциями. Такие предприятия, как «ВИБРОТЕХНИК» и НПК «Механобр-техника», специализирующиеся на производстве оборудования в России, продемонстрировали в 2022 г. рост уровня конкурентоспособности более чем в 2 раза. На протяжении 2018–2021 гг. среднегодовой рост выручки обоих предприятий составлял от 13 до 27 %, а в 2022 г. выручка НПК «Механобр-техника» и «ВИБРОТЕХНИК» увеличилась на 32 и 27 % соответственно. Аналогичная динамика наблюдается и с прибылью: в 2022 г. прибыль обеих компаний увеличилась примерно в 1,5–2 раза. Это может говорить о том, что вследствие ухода с рынка России множества иностранных производителей конечные потребители вынуждены приобретать и использовать оборудование отечественного производства, также это может свидетельствовать о росте качества выпускаемой продукции.

Некоторые предприятия, которые ранее осуществляли импорт товаров из Европы или США, но начали развивать торговые отношения с Китаем с 2022 г., сохранили свой уровень конкурентоспособности или наблюдали незначительное снижение. Это свидетельствует о том, что переориентация

на китайский рынок позволила им сгладить негативные последствия, связанные с ограничениями в импорте из Европы или США. Также они сумели извлечь выгоду из новых возможностей, которые предоставляет китайский рынок. Например, компании могли получить доступ к более широкому ассортименту товаров, более конкурентоспособным ценам или выгодным условиям сотрудничества с китайскими поставщиками. В результате они смогли сохранить свою конкурентоспособность или смягчить потенциальные отрицательные последствия, связанные с изменениями в торговле и импорте [19; 20].

Анализируя период 2022–2023 гг., можно отметить, что у половины рассматриваемых предприятий наблюдается рост уровня конкурентоспособности, а у другой половины – его падение. Важно подчеркнуть, что такие предприятия, как «Химреактивснаб», «ВИ-БРОТЕХНИК», НПК «Механообр-техника», «НИКОЛАБ», «ДВ-Эксперт», ГК «Анакон» и ГК «НВ-Лаб», в 2023 г. демонстрируют снижение уровня конкурентоспособности по сравнению с 2022 г. Этот фактор можно объяснить появлением новых схем и маршрутов поставок импортных товаров, что приводит к усилению конкуренции с импортным продуктом для предприятий, производящих оборудование российского происхождения [21]. Предприятия, не сумевшие восстановить прежние объемы импортных поставок или найти альтернативных поставщиков, демонстрируют значительное снижение уровня конкурентоспособности. Например, у ГК «Анакон» показатель снизился с 1,226 в 2022 г. до 0,392 в 2023 г., что составляет падение на 68,0 %. Важно также понимать, что предприятия с уровнем конкурентоспособности выше 1, даже при снижении данного показателя по сравнению с предыдущими периодами, демонстрируют более высокую конкурентоспособность по сравнению со средней конкурентоспособностью в выборке.

Таким образом, основные рекомендации, полученные в результате исследования, включают следующее:

1. Адаптация к санкциям и импортозамещению – компании должны активно искать

альтернативных поставщиков и развивать отечественное производство для уменьшения зависимости от импортных товаров.

2. Повышение эффективности процессов – важным аспектом является улучшение производственных и логистических процессов, что позволит снизить затраты и повысить конкурентоспособность.

3. Развитие международных связей – укрепление торговых отношений с другими странами, такими как Китай, может способствовать снижению зависимости от западных поставок и улучшению конкурентных позиций.

Заключение

Исследование конкурентоспособности российских предприятий, снабжающих лаборатории в условиях санкций и политики импортозамещения, показало, что адаптация к новым экономическим условиям является критически важной для их долгосрочного успеха. Анализ охватил период с 2018 по 2023 гг., что позволило выявить тенденции и изменения в конкурентоспособности в ответ на внешние экономические и политические факторы.

Основные результаты исследования показали, что санкции и сложности с импортом оборудования негативно повлияли на конкурентоспособность ряда предприятий. Дополнительные затраты, связанные с преодолением этих трудностей, привели к росту стоимости продукции для конечных пользователей. Тем не менее некоторые предприятия сумели сохранить или даже улучшить свои позиции за счет перехода на производство и реализацию отечественных товаров и активного развития торговых отношений с дружескими странами.

Основное направление для будущих исследований включает дальнейшую адаптацию модели для оценки уровня конкурентоспособности в условиях быстро меняющейся внешней среды. Планируется проведение факторного анализа с целью выявления влияния отдельных факторов на изменение конкурентоспособности. При быстрой адаптации к текущим экономическим условиям, по сравнению с конкурентами, предприятия смогут не только сохранить, но и улучшить свои конкурентные позиции на рынке.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Довтаев С.-А. Ш. Конкурентоспособность и конкуренция как ориентиры эффективности производства // Вестн. Академии знаний. 2018. № 4 (27). С. 99–103.
2. Do National Export Promotion Programs in Indonesia support export competitiveness? / H. Unggul, A. E. Miguel, R. S. Bhimo, W. Wahyu // Heliyon. 2023. Vol. 9, № 6. P. 1–21. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16918
3. Портер М. Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей и конкурентов [Текст]: пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. 454 с.
4. Михайлова В. М., Величко Ю. Ю. Системно-интеграционный подход к экономической сущности понятия «конкурентоспособность организации» // Междунар. журн. гуманитарных и естественных наук. 2021. № 8-2. С. 44–49.
5. Safiullin M. R., Elshin L. A. Sanctions pressure on the Russian economy: Ways to overcome the costs and benefits of confrontation within the framework of import substitution // Finance: Theory and Practice. 2023. Vol. 27, № 1. P. 150–161. DOI: 10.26794/2587-5671-2023-27-1-150-161
6. Воронов Д. С. Оценка конкурентоспособности крупнейших российских компаний по итогам 2015 года // Современная конкуренция. 2016. Т. 10, № 2 (56). С. 118–143.
7. Гельвановский М. И. Методологические подходы к обеспечению конкурентоспособности международных интеграционных группировок в условиях глобализации // Евразийская экономическая интеграция. 2012. № 1. С. 44–58.
8. Коваленко А. И. Теоретические и методологические аспекты использования концепции «конкурентоспособности» в научных исследованиях // Современная конкуренция. 2013. Т. 7, № 6. С. 65–79.
9. Рубин Ю. Б. Дискуссионные вопросы современной теории конкуренции // Современная конкуренция. 2010. № 3 (21). С. 38–67.
10. Лазаренко А. А. Методы оценки конкурентоспособности // Молодой ученый. 2014. № 1. С. 374–377.
11. Жданова Е. С. Анализ современных методов определения конкурентоспособности предприятий // Часопис економічних реформ. 2018. Т. 1, № 29. С. 44–49.
12. Levitt T. Marketing Myopia // Harv Bus Rev. 1960. № 38. С. 45–56.
13. Толстикова Е. А. К вопросу о выборе метода оценки конкурентоспособности предприятия // Символ науки. 2016. № 11–1. С. 204–207.
14. Белостокова В. Ю. Анализ методов оценки конкурентоспособности компании на промышленном рынке // Управление экономическими системами. 2015. № 7. С. 1–11.
15. Воронов Д. С., Криворотов В. В., Русецкая Э. А. Оценка конкурентоспособности крупнейших российских компаний по итогам 2015 г. // Вестн. ЮУрГУ. Сер. Экономика и менеджмент. 2016. Т. 10, № 4. С. 128–136. DOI: 10.14529/em160419
16. Турбулентность хозяйственного развития: глобальные риски и неопределенность / В. А. Цветков, Я. С. Ядгаров, В. А. Сидоров, Э. В. Соболев // Проблемы рыночной экономики. 2023. № 1. С. 6–31. DOI: 10.33051/2500-2325-2023-1-6-31
17. Иванова М. М. Подходы к анализу конкурентоспособности региона в условиях экономических санкций // Науч. тр. Калуж. гос. ун-та. 2023. С. 129.
18. Кулешов А. И. Импортзамещение как фактор развития промышленного производства в России // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13, № 4А. С. 824–831. DOI: 10.34670/AR.2023.71.19.097
19. Кудряшова К. О. Экономическое взаимодействие России и Китая в условиях глобальной экономической неопределенности // Russian Economic Bulletin. 2022. Т. 5, № 4. С. 234–243.
20. Земцов С. П., Баринаева В. А., Михайлов А. А. Санкции, уход иностранных компаний и деловая активность в регионах России // Экономическая политика. 2023. Т. 18, № 2. С. 44–79. DOI: 10.18288/1994-5124-2023-2-44-79

21. Покровская О. Д. Ответы российской логистической системы на вызовы западных санкций: обход или нивелирование? // БРНИ. 2022. № 4. С. 48–73. DOI: 10.20295/2223-9987-2022-4-48-73

Информация об авторах

Тесля Анна Борисовна – к.э.н., доцент Высшей школы производственного менеджмента, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, (адрес: 195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29Б), ORCID: 0000-0001-8395-6515, SCIENCE INDEX (РИНЦ) 7815-8466.

Старков Максим – магистрант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (адрес: 195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29Б), ORCID: 0000-0001-9892-0056, SCIENCE INDEX (РИНЦ) 9503-7430.

Тимошкина София – магистрант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (адрес: 195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29Б).

Статья поступила в редакцию 10.12.2024, принята к публикации после рецензирования 15.01.2025, опубликована онлайн 31.03.2025.

References

1. Dovtaev S.-A. Sh. Competitiveness and competition as benchmarks of production efficiency. Bulletin of the Academy of Knowledge. 2018, no. 4 (27), pp. 99–103.
2. Unggul H., Miguel A. E., Bhimo R. S., Wahyu W. Do National Export Promotion Programs in Indonesia support export competitiveness? Heliyon. 2023, vol. 9, no. 6, pp. 1–21. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16918
3. Porter M. Competitive Strategy: Methodology for Analyzing Industries and Competitors [Text]: transl. from Engl. M., Alpina Business Books, 2005, 454 p.
4. Mikhailova V. M., Velichko Yu. Yu. System-integration approach to the economic essence of the concept of «competitiveness of the organization». International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2021, no. 8-2, pp. 44–49.
5. Safiullin M. R., Elshin L. A. Sanctions pressure on the Russian economy: Ways to overcome the costs and benefits of confrontation within the framework of import substitution. Finance: Theory and Practice. 2023, vol. 27, no. 1, pp. 150–161. DOI: 10.26794/2587-5671-2023-27-1-150-161
6. Voronov D. S. Assessment of competitiveness of the largest Russian companies at the end of 2015. Modern competition. 2016, vol. 10, no. 2 (56), pp. 118–143.
7. Gelvanovsky M. I. Methodological approaches to ensuring the competitiveness of international integration groupings in the context of globalization. Eurasian Economic Integration. 2012, vol. 1, pp. 44–58.
8. Kovalenko A. I. Theoretical and methodological aspects of using the concept of «competitiveness» in scientific research. Modern Competition. 2013, vol. 7, no. 6, pp. 65–79.
9. Rubin Yu. B. Discussion issues of the modern theory of competition. Modern Competition. 2010, vol. 3 (21), pp. 38–67.
10. Lazarenko A. A. Methods of competitiveness assessment. Young Scientist. 2014, no. 1, pp. 374–377.
11. Zhdanova E. S. Analysis of modern methods of determining the competitiveness of enterprises. Chasopis ekonomichnykh reforms. 2018, vol. 1, no. 29, pp. 44–49.
12. Levitt T. Marketing Myopia. Harv Bus Rev. 1960, no. 38, pp. 45–56.
13. Tolstikov E. A. To the question of choosing a method for assessing the competitiveness of the enterprise. Symbol of Science. 2016, no. 11-1, pp. 204–207.

14. Belostokova V. Yu. Analysis of methods for assessing the competitiveness of the company in the industrial market. *Management of Economic Systems*. 2015, no. 7, pp. 1–11.
15. Voronov D. S., Krivorotov V. V., Rusetskaya E. A. Assessment of competitiveness of the largest Russian companies in 2015. *Bulletin of SUSU. Series «Economics and Management»*. 2016, vol. 10, no. 4, pp. 128–136. DOI: 10.14529/em160419
16. Tsvetkov V. A., Yadgarov Ya. S. S., Sidorov V. A., Sobolev E. V. Turbulence of economic development: global risks and uncertainty. *Problems of Market Economy*. 2023, no. 1, pp. 6–31. DOI: 10.33051/2500-2325-2023-1-6-31
17. Ivanova M. M. Approaches to analyze the competitiveness of the region in the conditions of economic sanctions. *Scientific Works of Kaluga State University*. 2023, p. 129.
18. Kuleshov A. I. Import substitution as a factor of industrial production development in Russia. *Economics: yesterday, today, tomorrow*. 2023, vol. 13, no. 4A, pp. 824–831. DOI: 10.34670/AR.2023.71.19.097
19. Kudryashova K. O. Economic interaction between Russia and China in the conditions of global economic uncertainty. *Russian Economic Bulletin*. 2022, vol. 5, no. 4, pp. 234–243.
20. Zemtsov S. P., Barinova V. A., Mikhailov A. A. Sanctions, the departure of foreign companies and business activity in the regions of Russia. *Economic Policy*. 2023, vol. 18, no. 2, pp. 44–79. DOI: 10.18288/1994-5124-2023-2-44-79
21. Pokrovskaya O. D. Responses of the Russian logistics system to the challenges of Western sanctions: circumvention or leveling? *BRNI*. 2022, no. 4, pp. 48–73. DOI: 10.20295/2223-9987-2022-4-48-73

Information about the authors

Anna B. Teslya, PhD (Economics), associate professor, Peter the Great St Petersburg Polytechnic University (address: 195251, Russia, Saint Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29B), ORCID: 0000-0001-8395-6515, SCIENCE INDEX (РИНЦ) 7815-8466.

Maxim Starkov, master's student, Peter the Great St Petersburg Polytechnic University (address: 195251, Russia, Saint Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29B), ORCID: 0000-0001-9892-0056, SCIENCE INDEX (РИНЦ) 9503-7430.

Sofiya Timoshkina, master's student, Peter the Great St Petersburg Polytechnic University (address: 195251, Russia, Saint Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29B).

The article was submitted on 10.12.2024, accepted for publication after reviewing on 15.01.2025, published online on 31.03.2025.

Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 157–169
St Petersburg Economic Journal. 2024, no. 1, pp. 157–169

Научная статья
УДК 658.512.26:338.5

EXPRESS METHOD FOR ASSESSING THE COMPLEXITY OF NEW DEVELOPMENTS BASED ON ANALOG PRODUCTS

ЭКСПРЕСС-МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СЛОЖНОСТИ НОВЫХ РАЗРАБОТОК НА ОСНОВЕ ПРОЕКТОВ-АНАЛОГОВ

D. K. Shcheglov

PhD (Technical), Associate Professor, Scientific Supervisor at JSC «North-West Regional Center of Concern VKO Almaz – Antey – Obukhov Plant», Saint Petersburg, Russia, _dk@bk.ru

Д. К. Щеглов

к.т.н., доцент, научный руководитель АО «Северо-Западный региональный центр Концерна ВКО "Алмаз – Антей" – Обуховский завод», Санкт-Петербург, Россия, _dk@bk.ru

Abstract. In the standard methods of conducting feasibility studies for R&D projects in the field of mechanical engineering, project complexity is typically taken into account using empirical coefficients that lack a rigorous scientific basis. Therefore, it is important to improve existing methods for organizing production processes with the goal of increasing the accuracy with which the complexity of prospective projects can be assessed. This will in turn enable a more precise estimation of the difficulty and timeframe for implementing such projects in the future.

The aim of this proposed study is to develop a scientific and methodical framework (expressed as a methodology) for evaluating the complexity of new projects based on data from similar projects. To accomplish this, the author will use methods of systems analysis, expert analysis, non-parametric statistics, and methodological recommendations from the Russian Ministry of Labor regarding labor regulations in R&D activities. The novelty of the proposed methodology lies in its ability to evaluate the complexity of various projects in mechanical engineering, including research, design, and manufacturing. This paper presents a formal approach to analyzing the complexity of new projects based on similar (prototype) projects. It also proposes a system of indicators for pre-project assessment of the complexity of research and new developments, as well as the permissible numerical values for these indicators in specialized mechanical engineering.

The proposed methodology allows for a practical evaluation of the complexity of a project in order to make informed organizational and technical decisions. It can also be used for further feasibility studies for R&D efforts in the field of mechanical engineering.

Keywords: agro-industrial complex, agricultural enterprise, innovation, innovative technologies, innovative development, innovation process

Аннотация. В общепринятых методиках проведения технико-экономического обоснования исследований и разработок в области машиностроения сложность проектов, как правило, учитывается эмпирическими коэффициентами, которые не имеют строгого научного обоснования. Таким образом, актуальной является задача совершенствования существующих методов организации производства в направлении повышения точности оценки сложности перспективных проектов, что в будущем позволит более точно оценить трудоемкость и сроки их реализации. Целью предлагаемой статьи является разработка научно-методического инструментария (экспресс-методики) для оценивания сложности новых разработок на основе информации о

проектах-аналогах. Для достижения поставленной цели автором используются методы системного анализа, экспертного анализа, непараметрической статистики, а также методические рекомендации Минтруда России по нормированию труда при выполнении НИОКР. Новизна предлагаемой экспресс-методики заключается в том, что она позволяет оценивать сложность проведения различных проектов в области машиностроения, а именно научно-исследовательских, проектно-конструкторских и производственно-технологических. В рамках настоящей статьи описан формализованный подход к анализу сложности новых разработок на основе проектов-аналогов (прототипов), предложена система показателей для предпроектной оценки сложности новых исследований и разработок, а также допустимые числовые значения этих показателей для исследований и разработок, реализующихся в области специального машиностроения. Предлагаемая экспресс-методика позволяет на практике оценить сложность машиностроительного проекта с целью принятия результативных организационно-технических решений, а также дальнейшего технико-экономического обоснования проведения исследований и разработок.

Ключевые слова: оценка сложности, проектно-конструкторские работы, НИОКР, метод аналогов, подход к анализу, коэффициент сложности

Conflict of interest. The author declares no conflicts of interest.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Introduction, purpose

Understanding the complexity of research and development (R&D) during the planning phase is a key indicator of the quality of an organization's processes for developing and manufacturing high-tech products [1–4]. The quality of production planning is characterized by accuracy in estimating the volume of resources (time, budget, specialists) required for implementing of prospective projects [5; 6].

Adequate evaluation of the complexity of new projects during the planning phase not only facilitates better preparation for potential challenges but also provides an opportunity to identify and mitigate potential organizational and technical risks. This allows for the development of strategies and the implementation of preventive and corrective measures to prevent or minimize project risks. Furthermore, companies and organizations that are able to accurately assess and effectively manage project risks have a competitive advantage [7]. These organizations are better positioned to offer more competitive products and services within established timeframes, thus strengthening their position in the high-technology market.

Currently, there is no universally accepted methodology for assessing the complexity of R&D projects, which requires each organization to develop their own approaches [8]. This can make it

difficult to compare similar R&D outcomes between organizations. However, this flexibility also allows the methodology to be adapted to the specific needs and characteristics of individual projects or organizations. It should be noted that the complexity of a developed product is not directly related to the complexity of its development for project organizations [7; 8]. This is due to differences in experience and expertise between project teams in developing certain types of products, meaning that a project's complexity can vary for different organizations despite the same product.

The complexity of developed products and/or projects is dependent on a variety of factors, including technical specifications, the level of innovation, and the degree of integration between research and development efforts and existing technical systems. Furthermore, collecting data from previously developed products and completed projects may be hindered by the heterogeneity and incompleteness of available information, creating additional challenges in the complexity evaluation process.

The analysis of the level of complexity in new developments is also influenced by subjective assessments, as different experts may have varying opinions on what constitutes the complexity of a developed product or project.

Therefore, the need to enhance the accuracy and validity of the assessment of labor intensity in

R&D emphasizes the significance of developing formal approaches to complexity evaluation that take into consideration a wide variety of factors and perspectives from different stakeholders [9].

The aim of this paper is to develop scientific and methodological instruments for assessing the complexity of new R&D projects using information about similar projects.

Research methods

Let us assume, from the perspective of a particular organization, that the complexity of a product is equivalent to the complexity of the process of developing it. Based on this assumption, we will henceforth refer to «project complexity» as the term used.

One of the most common methods for assessing the complexity of new projects is through the analysis of analogous projects, where the complexity of the new project is determined by comparing it to already existing, similar projects [10]. This approach assumes that products with similar characteristics and functional purposes will have similar complexities in the development and production processes.

Figure 1 provides an example of a structured description of the process for assessing the

complexity of a new project, based on similar projects, in the form of an IDEF0 context diagram (level A1) from the perspective of the decision-maker regarding the feasibility of conducting R&D.

As seen from the analysis of Figure 1, the process of assessing project complexity based on analogous projects includes the following subprocesses:

- Identification of analogues: First, it is essential to identify relevant existing projects that possess similar technical or functional features to the product or technology under development;
- Data collection: Once the analog projects have been identified, the next step is to collect data on the resources (human, time, material, technology) that were used in their implementation. This includes information on the development and production processes of these products;
- Comparison of characteristics: A comparative analysis should be conducted between the identified similar projects in order to determine similarities and differences in the project structures, the technical characteristics of the products developed, as well as the scope of work required. This analysis should be carried out using the organization's established methodology

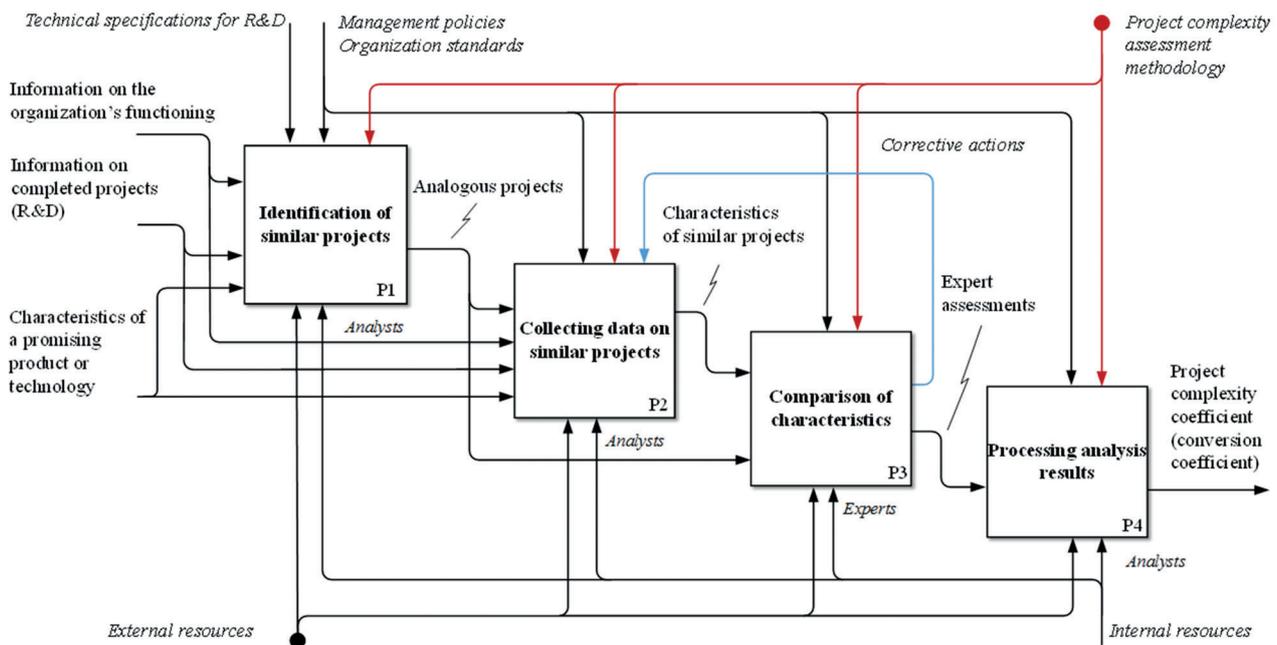


Fig. 1. The process of assessing project complexity based on analogous projects

Рис. 1. Процесс оценивания сложности проекта на основе проектов-аналогов

Source: made by the author.

Источник: составлено автором.

for expert evaluation. This methodology could include comparing the resources (both human and financial) and time (in terms of labor intensity) required to achieve the desired results in the development of a product or technology;

– Processing analysis results: After experts have completed the process of comparing the new project to similar projects, it will be necessary to analyze the results and calculate a project complexity factor (translation factor).

There are various methods available for estimating the costs associated with developing new products [11]. However, most of these approaches do not fully account for the scientific and theoretical basis of the proposed innovations, their level of novelty, nor the changes in organizational and technological conditions that may occur during the research and development process.

According to section 5.6.1 of the Methodological Recommendations for Labor Standardization in the Implementation of R&D [12], the labor intensity of a new development W_{new} is determined by the following formula:

$$W_{\text{new}} = W_a K_{\text{tr}} \quad (1)$$

where W_a – is the labor intensity of the analogous project [person-months]; K_{tr} – is the translation coefficient that accounts for the degree of novelty and changes in the organizational and technical conditions of the research and development.

Thus, the issue of determining this coefficient is relevant.

Let's introduce a set of analogous projects $A = \{A_1, A_2, A_n, \dots, A_N\}$, $n = \overline{1, N}$, where N – is the number of selected analogous projects.

Let's also introduce a set of comparison indicators $K = \{K_1, K_2, K_m, \dots, K_M\}$, $m = \overline{1, M}$, where M – is the number of these indicators. Each comparison indicator includes classification features, i. e. $K_m = \{K_{m1}, K_{m2}, \dots, K_{ml}\}$, $l = \overline{1, L}$, where L – is the number of classification features for each indicator K_m .

Based on practical experience in organizing and conducting R&D to create high-tech products and technologies in the field of specialized engineering, it would be beneficial to adopt a system of indicators and classification criteria for assessing the complexity of these projects.

Indicator K_1 : *Presence of analogues (product, technology)*. Evaluating the novelty and

uniqueness of a new project involves considering the following aspects:

– Complete analogue (K_{11}): The new project (development) has a complete analogue in the form of an existing product or technology. This existing product or technology fully matches the new project with regard to functionality, structure, and operating principle;

– Similar analogue (K_{12}): The new project (development) has an analogue, which is similar in some respects, but is not a complete analogue. There are products and technologies that perform similar functions and use similar operating principles, but have differences in their structure or core ideas;

– Absence of analogues (K_{13}): The new project (development) has no direct or similar analogue. The developed product is unique and has no analogue among existing products or technologies.

Indicator K_2 : *Availability of information on the subject area*. Evaluating the existing information base for the development of a new project includes the following classification features:

– Complete and reliable information (K_{21}): There is complete and reliable information about the subject area, which allows for accurately determining the requirements for the developed product or technology and identifying the specifics of its creation;

– Excessive or unreliable information (K_{22}): There is sufficient information about the subject area, but some of it is unreliable or contradictory. Additional work is required to verify the information during the development of the product or technology;

– Insufficient but practically reliable information (K_{23}): There is insufficient information about the subject area, but the available information is reliable. Research is needed to obtain additional information for the development of the product or technology;

– Insufficient and unreliable information (K_{24}): There is insufficient information about the subject area, and the available information is unreliable. In-depth analysis and research of the subject area are required to obtain more accurate data for the development of the product or technology.

Indicator K_3 : *Predominant information source*. Evaluating the existing information base

for the development of a new project includes the following classification features:

- In Russian-language sources (K_{31}): The necessary information about the subject area is available in Russian-language sources, including scientific articles, monographs, textbooks, scientific and technical reports, etc.;

- In English-language sources (K_{32}): The necessary information about the subject area is available in English language sources. English is the international language of communication in science and technology, so English-language sources typically contain information on current research, technical samples (products), and new technologies;

- In sources in European languages (K_{33}): The necessary information about the subject area is available in European languages, such as German, French, Spanish, etc.;

- In sources in Chinese and other languages (K_{34}): The necessary information about the subject area is available in Chinese, as well as other languages prevalent in certain regions or countries. Considering China's significant influence on the global economy and innovation, analyzing information in Chinese allows for identifying current trends in the development of technology and innovation.

Indicator K_4 : *Problem-solving principle*. Selecting an approach for developing a new project includes the following classification features:

- Using a known principle (K_{41}): The problem is solved by applying already known and tested principles for developing a product or technology, which have been successfully used in the past for solving similar problems;

- Choosing one of several existing principles (K_{42}): It is necessary to choose and justify one of the existing principles for developing a product or technology that best suits the task at hand;

- Selecting and modifying one of several principles for the specific task (K_{43}): It is necessary to significantly refine one of the existing principles for developing a product or technology to solve the given problem;

- Principle involves resolving a technical contradiction (K_{44}): Solving the problem requires resolving a technical contradiction that arises during the development of a new product or technology, as well as improving an existing one;

- Creating a new problem-solving principle (K_{45}): The known principles for developing a product or technology are not applicable for solving the specific problem.

Indicator K_5 : *Information processing*. Evaluating the labor intensity of processing the existing information base for the development of a new project includes the following classification features:

- Systematization of information related to the object of development and its functional capabilities if one of the existing principles is chosen (K_{51}): Systematization of information related to the object of development and identifying its functional capabilities is required if one of the existing principles is chosen;

- Systematization of information related to the object of development and its functional capabilities if one of several principles is chosen and modified for the specific task (K_{52}): It is necessary not only to systematize information based on the chosen principle but also to subsequently modify or adapt it to the specific project tasks;

- Reprocessing information for the specific task (K_{53}): The existing information needs to be reprocessed to adapt and apply it to the specific development task, including data analysis and synthesis, modification of research methods or algorithms, etc.;

- Creating an information base from indirect sources (K_{54}): It is necessary to consider information obtained from indirect sources, such as consumer reviews, similar projects, etc.

Indicator K_6 : *Task complexity*. Evaluating the technical, technological, and organizational complexity of developing a new project includes the following classification features:

- Involvement of specialists in one field of knowledge (K_{61}): Solving the task requires the involvement of specialists from one field of knowledge. The project is focused on using a specific technology or scientific-methodological apparatus;

- Involvement of specialists in multiple fields of knowledge (K_{62}): Solving the task requires the involvement of specialists from several different fields of knowledge. The project implementation requires the integration of various technologies, an interdisciplinary approach, or solving complex organizational and technical tasks;

– Involvement of unique specialists (K_{63}): Solving the task involves the engagement of specialists with unique skills or experience in working with specific technologies or innovative methods.

Indicator K_7 : *Complexity of justifying the chosen research direction*. The selection and justification of the development direction of a new project includes the following classification features:

– Low complexity (K_{71}): Justifying the chosen research direction is relatively simple and does not require significant time and resource expenditures. The main idea of the research direction is supported by widely recognized facts, data, or theories;

– Medium complexity (K_{72}): Justifying the chosen research direction requires conducting an analysis of the subject area. It is necessary to consider several alternative research directions, take into account diverse perspectives, and factors that may influence the choice of the research direction;

– High complexity (K_{73}): Justifying the chosen research direction is a complex task that requires in-depth research and consideration of numerous heterogeneous factors. The justification is carried out under conditions of uncertainty in the initial data, ambiguity of previous research results, or conflicting views within the professional community.

Indicator K_8 : *Importance of problem-solving (Implementation scale)*. Evaluating the importance of developing a new project includes the following classification features:

– Local (K_{81}): The project is focused on a local level and impacts a relatively small group of consumers. The application of the developed product or technology is limited to specific organizations or enterprises;

– Industry-level (K_{82}): The project is of significant importance to a particular industry and covers several organizations (enterprises) or sectors of the economy. The application of the developed product or technology can influence standards, practices, and development directions within a specific industry;

– Cross-industry (K_{83}): The project has a broad impact at the cross-industry level and covers multiple industries. The application of the developed product or technology can change existing processes, standards, and interactions between different industries and contribute to creating new market opportunities.

It is important to note that the proposed indicators and classification criteria are sufficient for a rapid assessment of the complexity of new projects based on similar projects. However, depending on the specific characteristics of different industries and organizations in the Russian market, as well as the specific features of the products and technologies developed, the proposed set of indicators may need to be supplemented. Additionally, the experience of conducting R&D activities indicates that a system of project complexity indicators should be flexible and adaptable, allowing for consideration of a wide variety of factors that may influence the complexity and success of new developments.

The proposed ranges of numerical values for the comparison indicators K_m are presented in Table 1. The table also provides an example of evaluating the complexity of projects A_n from the set of analogous projects A and the new project A^{new} for the creation of a product or technology. The proposed numerical values of the comparison indicators K_m can be adjusted based on the specific production activities of a particular organization (or enterprise), which significantly affect the complexity of conducting R&D.

As seen in Table 1, each project A_n from the set of analogous projects A , as well as the new project for the creation of a product or technology A^{new} , are evaluated based on each comparison indicator K_m using the proposed scale of values for the corresponding classification features K_{ml} .

The translation coefficient $K_{\text{tr}}(A_n)$, which establishes the correspondence of each analogous project A_n to the new project A^{new} , is calculated as follows:

$$K_{\text{tr}}(A_n) = \prod_{m=1}^M K_m(A^{\text{new}}) / \prod_{m=1}^M K_m(A_n). \quad (2)$$

The evaluation of the complexity of the newly developed product or technology A^{new} and the analogous projects A_n is typically based on the method of expert assessments.

Let there be a set of experts $E = \{E_1, E_2, E_q, \dots, E_Q\}$, $q = \overline{1, Q}$, where Q – is the number of experts. Each expert E_q analyzes and evaluates the project A^{new} and the analogous projects A_n according to the system of indicators and their numerical values presented in Table 1. Then, the

Tab. 1. System of indicators for evaluating the complexity of R&D and example evaluation of analogous projects A_n and the new project A^{new} based on these indicators

Табл. 1. Система показателей для оценивания сложности НИОКР и пример оценки проектов-аналогов A_n и нового проекта A^{new} по этим показателям

№ ind.	Indicators for comparison	Proposed values (not more than or interval)	Example of project evaluation			
			A_1	...	A_N	A^{new}
K_1	Presence of analogues (product, technology):					
K_{11}	Complete analogue	1,00	–	...	1,00	–
K_{12}	Similar analogue	1,50	1,50	...	–	1,50
K_{13}	No analogue	2,00	–	...	–	–
K_2	Availability of domain information:					
K_{21}	Complete and reliable information	0,8–1,2	–	...	–	–
K_{22}	Excess information (or unreliable information)	1,2–1,5	1,20	...	1,20	–
K_{23}	Insufficient but practically reliable information	1,5–2,0	–	...	–	1,80
K_{24}	Insufficient and unreliable information	2,0–2,2	–	...	–	–
K_3	Prevalent information:					
K_{31}	In Russian–language sources	1,00	–	...	1,00	–
K_{32}	In English–language sources	1,10	1,10	...	–	1,10
K_{33}	In European–language sources	1,20	–	...	–	–
K_{34}	In Chinese or other regional languages	1,50	–	...	–	–
K_4	Principle for solving the problem:					
K_{41}	A known principle is used	1,00	–	...	–	–
K_{42}	One of several existing principles is chosen	2,00	2,00	...	2,00	2,00
K_{43}	One of several principles is chosen and adapted for the specific task	3,00	–	...	–	–
K_{44}	The principle involves resolving a technical contradiction	5,00	–	...	–	–
K_{45}	A new principle for solving the problem is needed	10,00	–	...	–	–
K_5	Information processing:					
K_{51}	Systematization of information related to the development object and its functionality if one of several existing principles is chosen	0,80	–	...	–	–
K_{52}	Systematization of information related to the development object and its functionality if one of several principles is chosen and adapted for the specific task	1,50	–	...	–	–
K_{53}	Reworking of information relevant to the task at hand	2,00	1,80	...	1,30	–
K_{54}	Creation of an information base from indirect sources	3,00	–	...	–	2,00
K_6	Complexity of problem solving:					
K_{61}	Requires specialists in one field of knowledge	1,00	–	...	–	–
K_{62}	Requires specialists in several fields of knowledge	2,00	1,40	...	1,80	1,80
K_{63}	Requires unique specialists	3,00	–	–	–	–
K_7	Complexity of justifying the chosen research direction:					
K_{71}	Low	0,8–1,2	–	...	–	–
K_{72}	Medium	1,2–1,5	1,50	...	1,40	–
K_{73}	High	1,5–2,0	–	...	–	1,90
K_8	Importance of solving the problem (scale of implementation):					
K_{81}	Local	1,00	–	...	–	–
K_{82}	Sectoral	1,20	1,20	...	–	1,20
K_{83}	Cross–sectoral	1,50	–	...	1,50	–
–	Product of coefficients	–	17,9626	...	11,7936	48,7555
$K_{tr}(A_n)$	Conversion coefficient	–	2,7143	...	4,1341	–

Source: made by the author.

Источник: составлено автором.

translation coefficients $\bar{K}_{tr}(A_n)$ are calculated using formula (2).

After each expert E_q has compared the projects, the question arises of determining the resulting translation coefficient $\bar{K}_{tr}(A_n)$, which represents the collective expert opinion.

In practice, there are many approaches to finding the collective expert assessment [13]. However, to simplify the processing of results and considering the specific task at hand, it is permissible to use the arithmetic mean of the expert assessments as the group evaluation, i. e.:

$$\bar{K}_{tr}(A_n) = \sum_{q=1}^Q K_{tr}^q(A_n) / Q, \text{ where } q = \overline{1, Q}. \quad (3)$$

After this, the translation coefficient (3) is used in equation (1) to determine the calculated labor intensities $W_{new}(A_n)$ of the new project A_n^{new} relative to the analogous project A_n , and then the average forecasted labor intensity of the new project is determined:

$$\bar{W}_{new}^{pr} = \sum_{n=1}^N \bar{K}_{tr}(A_n) \bar{W}_{new}(A_n) / N, \quad (4)$$

where $n = \overline{1, N}$, and $\bar{W}_{new}(A_n)$ – the average calculated labor intensity of the new project A_n^{new}

relative to the analogous project A_n , which is defined as:

$$\bar{W}_{new}(A_n) = \sum_{q=1}^Q W_{new}^q(A_n) / Q, \text{ } q = \overline{1, Q}. \quad (5)$$

It should be noted that equation (5) provides a formalized way to determine the average forecasted labor intensity, while equation (4) serves as the basis for integrating expert assessments into the overall evaluation model. The process of evaluating the complexity of a project based on analogous projects must be statistically relevant from the perspective of experimental design theory.

Translation coefficients $K_{tr}^q(A_n)$ are typically represented by a small sample size, equal to the number of experts Q involved in the evaluation of the projects.

Numerical experiments show that for processing expert assessments in the express-analysis methodology, the condition $Q \geq 5$ must be met. This allows for the use of non-parametric statistical methods, such as the Bootstrap method introduced by Bradley Efron in 1979, to expand the initial sample and obtain adequate analysis results [14]. A formalized description of the bootstrap analysis process is presented in Figure 2.

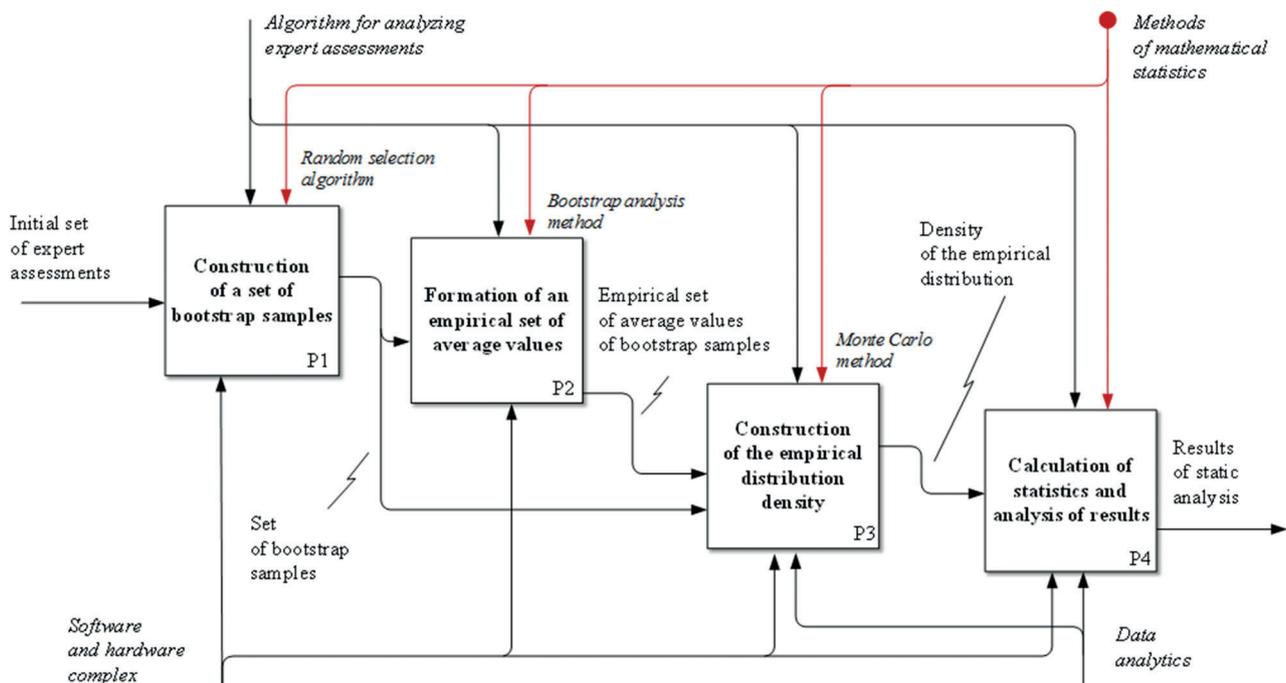


Fig. 2. Formalized description of bootstrap analysis

Рис. 2. Формализованное описание будстрап-анализа

Source: made by the author.

Источник: составлено автором.

As illustrated in Figure 2, the core of the method consists in constructing an empirical distribution from a small initial sample through random sampling with replacement (resampling) to generate a set of bootstrapped samples that are the same size as the original sample. The number of bootstrapped samples is only limited by computational resources, and can range up to 10,000 or more. Subsequently, the mean values of these bootstrapped samples are calculated. Employing the Monte Carlo method [14], a density function for the empirical distribution of mean values from the bootstrapped samples can be generated, from which desired statistics can be derived.

It is important to note that the dimension of the bootstrap sample means depends on the dimension of the original sample. The number of combinations that form unique bootstrap sample means will be equal to the number of combinations of Q taken Q with replacement, namely:

$$Q_{BS}(Q) = \bar{C}_Q^Q = C_{2Q-1}^Q = \frac{(2Q-1)!}{(Q-1)!Q!} \quad (6)$$

Let's evaluate the confidence interval for the conversion coefficients $\bar{K}_{tr}(A_n)$, which are the weighted average estimates from the bootstrap samples:

$$\bar{K}_{tr}(A_n) - t_{\beta, Q} S_{\bar{K}_{tr}}(A_n) < M(K_{tr}(A_n)) < \bar{K}_{tr}(A_n) + t_{\beta, Q} S_{\bar{K}_{tr}}(A_n), \quad (7)$$

where $M(K_{tr}(A_n))$ – the expected value of the project's transfer coefficient A_n ; $S_{\bar{K}_{tr}}$ – standard error of the mean with Bessel's correction [15], and $t_{\beta, Q}$ – Student's t-value, dependent on the specified confidence level β and the number of measurements (in this case, the number of experts $Q = Q_{BS}$).

Then, the result of the cost estimation for the new project A^{new} will be determined with the following margin of error:

$$W_{new}^{rez} = \bar{W}_{new}^{pr} \pm \Delta W_{new}^{pr}, \quad (8)$$

$$\Delta W_{new}^{pr} = \sum_{n=1}^N \bar{W}_{new}(A_n) t_{\beta, Q} S_{\bar{K}_{tr}}(A_n) / N. \quad (9)$$

Let's consider an example of applying the proposed express analysis methodology.

Results and discussion

It is essential to emphasize that the selected projects for comparison should be not only similar in nature, but also in terms of timeframes and the volume of scientific and technical documentation produced. Therefore, it is recommended to evaluate the work based on similar stages of the project, rather than the project as a whole. This approach allows for a more accurate comparison and estimation of labor intensity.

An example how to calculate the conversion factor for analogues projects and the labor intensity of a new project A^{new} using the proposed express analysis methodology is provided in Table 2.

Based on the analysis of Table 2, the complexity and therefore the labor intensity of the R&D for the development of the new product A^{new} have been determined using two selected analogues projects A_1 and A_2 . According to the expert evaluations, project A_2 is considered a more relevant analogue to project A^{new} , particularly at stage three, based on the proposed set of indicators K_m .

We will conduct a bootstrap analysis and, for example, examine the density distributions of the mean values of the bootstrap samples for the transition coefficients $\hat{K}_{tr}(A_1)$ and $\hat{K}_{tr}(A_2)$ for the first stage of the R&D to create the product A^{new} (Figure 3).

From the analysis of Figure 3, it is evident that the distribution densities of the average values of bootstrap samples for the conversion coefficients $\hat{K}_{tr}(A_1)$ and $\hat{K}_{tr}(A_2)$ conform to a normal distribution. In this example, this is due to a relatively high consistency among expert opinions.

It should be noted that a set of observed data can generally be described using one of the standard probability distributions commonly used in mathematical statistics. This is based on the relationship between the skewness and a kurtosis coefficient, which is described in detail in, for example, reference [16].

An example of estimating the error in determining labor intensity, performed according to formulas (6)–(9), is presented in Table 3.

As demonstrated by the analysis presented in Table 3, when considering the issue in a probabilistic framework, the confidence interval is $\pm 8.5\%$. The analysis suggests that the error in estimating

Tab. 2. Calculation of labor intensity for R&D projects in product development A^{new}
 Табл. 2. Расчет трудоемкости выполнения НИОКР по созданию изделия A^{new}

№ stage	Expert	A_1			A_2			Average labor intensity for analogs $W_{new}^q(A_1, A_2)$ (man-mon)	Estimated labor intensity W_{new}^{pr}
		Labor intensity of the analog $W_a(A_1)$ (man-mon)	Conversion coefficient $K_{tr}^q(A_1)$	Estimated labor intensity $W_{new}^q(A_1)$ (man-mon)	Labor intensity of the analog $W_a(A_2)$ (man-mon)	Conversion coefficient $K_{tr}^q(A_2)$	Estimated labor intensity $W_{new}^q(A_2)$ (man-mon)		
1	E_1	51,63	2,7143	140,14	41,12	4,1341	169,99	155,07	154,57
	E_2		2,6789	138,31		3,9807	163,69	151,00	
	E_3		2,7916	144,13		4,0517	166,61	155,37	
	E_4		2,7224	140,56		4,1938	172,45	156,50	
	E_5		2,6983	139,31		4,1476	170,55	154,93	
2	E_1	39,98	5,4167	216,56	55,14	4,0107	221,15	218,85	216,42
	E_2		5,3435	213,63		3,9602	218,37	216,00	
	E_3		5,4893	219,46		3,9721	219,02	219,24	
	E_4		5,4281	217,02		3,9592	218,31	217,66	
	E_5		5,0574	202,19		3,9617	218,95	210,57	
3	E_1	53,14	4,0912	217,41	154,16	1,5291	235,73	226,57	230,41
	E_2		4,2167	224,08		1,5438	237,99	231,03	
	E_3		4,3231	229,73		1,5253	235,14	232,43	
	E_4		4,2915	228,05		1,5349	236,62	232,34	
	E_5		4,1746	221,84		1,5407	237,51	229,68	

Source: made by the author.

Источник: составлено автором.

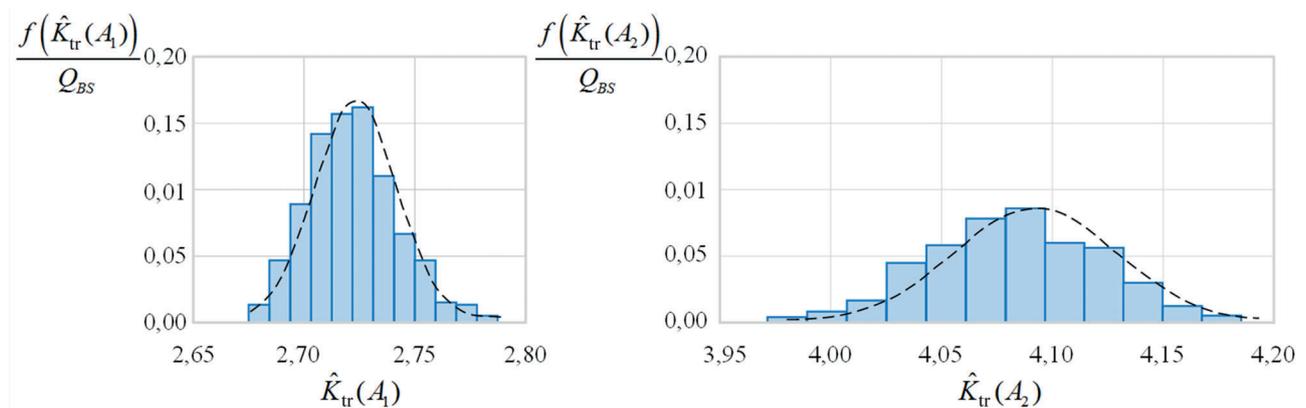


Fig. 3. Distribution densities of the average values of bootstrap samples for conversion coefficients $\hat{K}_{tr}(A_1)$ and $\hat{K}_{tr}(A_2)$ for the first stage of R&D

Рис. 3. Плотности распределения средних значений бутстрап-выборок переходных коэффициентов $\hat{K}_{tr}(A_1)$ и $\hat{K}_{tr}(A_2)$ для первого этапа НИОКР

Source: made by the author.

Источник: составлено автором.

labor intensity is within acceptable limits and the proposed rapid methodology can be utilized in the practical application of technical and economic justifications for financial and economic indicators in new research and development projects.

Conclusion

Evaluating complexity based on analogues can be a useful technique in the early phases of a project, but it is important to recognize that each project has its own unique characteristics, and

Tab. 3. Estimation of error in determining labor intensity $\pm\Delta W_{new}^{pr}$
 Табл. 3. Оценка погрешности определения трудоемкости $\pm\Delta W_{new}^{pr}$

No stage	Expected value of the analog conversion coefficient $\hat{K}_{tr}(A_1)$	Standard error of the mean $S_{\hat{K}_{tr}}(A_1)$	Average estimated labor intensity for the analog $\hat{W}_{new}(A_1)$	Expected value of the analog conversion coefficient $\hat{K}_{tr}(A_1)$	Standard error of the mean $S_{\hat{K}_{tr}}(A_2)$	Average estimated labor intensity for the analog $\hat{W}_{new}(A_2)$	Average forecasted labor intensity \bar{W}_{new}^{pr}	Labor intensity determination error $\pm\Delta W_{new}^{pr}$ at $\beta = 0,95$ $Q = 126$
1	2,7249	0,0191	140,687	4,0917	0,0379	168,251	154,42	$\pm 9,07 (\pm 5,9 \%)$
2	5,3755	0,0760	214,912	3,9614	0,0098	218,431	216,67	$\pm 18,47 (\pm 8,5 \%)$
3	4,2416	0,0415	225,399	1,5325	0,0035	236,250	230,82	$\pm 10,16 (\pm 4,7 \%)$

Source: made by the author.

Источник: составлено автором.

data from similar projects should not be treated as an exact benchmark for assessing the complexity of a new project.

However, determining the translation factor, which determines the complexity of products or technologies under development, plays a critical role in predicting the labor intensity of work. This factor serves as an essential indicator that helps determine not only the necessary level of effort and resources, but also the projected timeline for the project. This approach allows organizations to more rationally plan

their activities and avoid potential risks and unforeseen costs.

A thorough evaluation of project intricacy necessitates a comprehensive analysis that takes into account not only data from analogous projects but also the distinctive characteristics of the current project, such as its goals, technical specifications, and level of innovation. Furthermore, the assessment of new projects must consider potential alterations throughout the development phase in order to guarantee accurate planning and successful project completion.

References

1. Kravchenko T. K., Isaev D. V. Assessment of the Complexity of Innovative Projects. *Innovations*. 2017, no. 5 (223), pp. 90–98.
2. Kuznetsov A. V. R&D Management: Russian Problems and World Experience. *Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*. 2021, no. 6, pp. 18–37. DOI: https://doi.org/10.52180/2073-6487_2021_6_18_37
3. Fomin V. I., Yeghiazaryan A. V. Problem of assessing the economic feasibility of commercialization of the results of intellectual activity. *St Petersburg Economic Journal*. 2023, no. 2, pp. 98–105.
4. Saibel A. G., Shcheglov D. K., Kryukov A. A. Time-saving reserves when performing experimental design work. *Scientific Bulletin of the Defense Industrial Complex of Russia*. 2023, no. 4, pp. 24–29.
5. Katycheva E. G. Methodology for Forming a System of Labor Intensity Norms for Research and Development Products to Enhance the Efficiency of R&D. *Proceedings of the Mining Institute*. 2009, no. 184, pp. 39–45.
6. Popov N. E. The influence of product complexity on the sustainable development of industrial enterprises. *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Economics*. 2022, no. 4, pp. 123–129. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2022-4-123-129>
7. Glebbova O. V., Boriskova L. A. System of Indicators for Evaluating the Effectiveness of Scientific and Technical Developments of Scientific and Production Enterprises at Different Stages of the Life Cycle. *Intelligence. Innovations. Investments*. 2011, no. 3, pp. 23–29.

8. Stepanova Yu. N. Criterion-Based Assessment of Innovative Developments. *Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2021, no. 83 (1), pp. 455–459. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-455-459>
9. Shcheglov D. K., Saibel A. G. Formalized Approach to Forecasting the Timelines and Costs of Developing Military-Technical Systems. *Defense Complex – Scientific and Technical Progress of Russia*. 2022, no. 3 (155), pp. 33–44.
10. Kozin E. F. Stages and Methods for Assessing the Effectiveness of Innovative Projects: Structural Relationships. *Innovations*. 2012, no. 1, pp. 100–104.
11. Shcheglov D. K. Express Method for Determining Deadlines and Costs of Project Design Works by Defense Industry Enterprises. *Innovations in Management*. 2024, no. 1 (39), pp. 46–54.
12. Methodological Recommendations for Labor Norming for Research and Development Work (approved by FGBOU NII TSS Mintrud of Russia on 07.03.2014 No. 006). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_308907/576245b522294624269f6888e590b4a30abd1038/ (accessed: 10.07.2024).
13. Orlov A. I. On Averages. *Managing Large Systems: Collection of Works*. 2013, no. 46, pp. 88–117.
14. Bühlmann P. Bootstraps for Time Series. *Statistical Science*. 2002, vol. 17, no. 1, pp. 52–72.
15. Ilyushchenko R. R., Osipova T. V. Processing of expert estimates when conducting an examination of scientific projects with the involvement of experts of the federal roster. *Innovation and expertise*. 2020, no. 2 (30), pp. 65–79.
16. Bushuev A. Yu., Kutykin A. V. *Introduction to Applied Automata Theory*. Moscow, Bauman Moscow State Technical University, 2004, 52 p.

Information about the author

Dmitry K. Shcheglov, PhD (Technical), associate professor, corresponding member of the Russian Academy of Natural Sciences, corresponding member of K. Tsyolkovskiy Russian Space Exploration Academy, scientific supervisor Joint-stock company «Northwest Regional Center of the Concern VKO "Almaz – Antey" – Obukhov Plant» (address: 192012, Russia, Saint Petersburg, Obukhovskoy Oborony Ave., 120), ORCID: 0000-0003-2459-7684, SCIENCE INDEX (РИНЦ): 1953-5417.

The article was submitted on 25.09.2024, accepted for publication after reviewing on 25.12.2024, published online on 31.03.2025.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кравченко Т. К., Исаев Д. В. Оценка сложности инновационных проектов // *Инновации*. 2017. № 5(223). С. 90–98.
2. Кузнецов А. В. Управление НИОКР: российские проблемы и мировой опыт // *Вестн. Ин-та экономики Российской академии наук*. 2021. № 6. С. 18–37. DOI: https://doi.org/10.52180/2073-6487_2021_6_18_37
3. Фомин В. И., Егиазарян А. В. Проблема оценки экономической целесообразности коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности // *Петерб. экон. журн*. 2023. № 2. С. 98–105.
4. Сайбель А. Г., Щеглов Д. К., Крюков А. А. Резервы экономии времени при выполнении опытно-конструкторских работ // *Науч. вестн. оборонно-промышленного комплекса России*. 2023. № 4. С. 24–29.
5. Катышева Е. Г. Методология формирования системы нормативов трудоемкости научно-исследовательской продукции для повышения эффективности НИОКР // *Зап. Горного ин-та*. 2009. № 184. С. 39–45.

6. Попов Н. Е. Влияние сложности продукции на устойчивое развитие промышленных предприятий // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. Экономика. 2022. № 4. С. 123–129. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2022-4-123-129>
7. Глебова О. В., Борискова Л. А. Система показателей для оценки эффективности научно-технических разработок научно-производственных предприятий на разных стадиях жизненного цикла // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2011. № 3. С. 23–29.
8. Степанова Ю. Н. Критериальная оценка инновационных разработок // Вестн. Воронеж. гос. ун-та инженерных технологий. 2021. № 83 (1). С. 455–459. DOI: 10.20914/2310-1202-2021-1-455-459
9. Щеглов Д. К., Сайбель А. Г. Формализованный подход к прогнозированию сроков и стоимости разработки военно-технических систем // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2022. № 3 (155). С. 33–44.
10. Козин Э. Ф. Этапы и методы оценки эффективности инновационных проектов: структурные взаимосвязи // Инновации. 2012. № 1. С. 100–104.
11. Shcheglov D. K. Express method for determining deadlines and costs of project design works by defense industry enterprises // Инновации в менеджменте. 2024. № 1 (39). С. 46–54.
12. Методические рекомендации по нормированию труда на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (утв. ФГБУ НИИ ТСС Минтруда России 07.03.2014 №006). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_308907/576245b522294624269f6888e590b4a30abd1038/ (дата обращения: 10.07.2024).
13. Орлов А. И. О средних величинах // Управление большими системами: сб. тр. 2013. № 46. С. 88–117.
14. Bühlmann P. Bootstraps for Time Series // Statistical Science. 2002. Vol. 17, № 1. P. 52–72.
15. Илющенко Р. Р., Осипова Т. В. Обработка экспертных оценок при проведении научных проектов с привлечением экспертов федерального реестра // Инноватика и экспертиза. 2020. № 2(30) С. 65–79.
16. Бушуев А. Ю., Кутыркин А. В. Введение в прикладную теорию автоматов. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. 52 с.

Информация об авторе

Щеглов Дмитрий Константинович – к.т.н., доцент, почетный машиностроитель, член-корреспондент Российской академии естественных наук, член-корреспондент Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского, научный руководитель АО «Северо-Западный региональный центр Концерна ВКО "Алмаз – Антей" – Обуховский завод» (адрес: 192012, Россия, Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, д. 120), ORCID: 0000-0003-2459-7684, SCIENCE INDEX (РИНЦ): 1953-5417.

Статья поступила в редакцию 25.09.2024, принята к публикации после рецензирования 25.12.2024, опубликована онлайн 31.03.2025.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. Оформление текста статьи:

- поля со всех сторон – 2,5 см;
- ориентация – книжная А4;
- интервал – 1,15;
- размер шрифта 12 pt;
- выравнивание по ширине;
- абзацный отступ 0.6 см;
- автоматическая расстановка переносов;
- применение полужирного и курсивного шрифтов допустимо при крайней необходимости;
- ссылки на формулы и таблицы даются в круглых скобках;
- ссылки на использованные источники (литературу) – в квадратных прямых скобках;
- объем статьи – до 1 авторского листа (40 000 знаков с пробелами, без учета аннотации, ключевых слов и списка литературы);
- необходимо указать УДК (в верхнем левом углу). <https://www.teacode.com/online/udc/>

Форматы и требования к файлам:

- таблицы: формат DOC/DOCX (Microsoft Word);
- диаграммы и графики: формат XLS/XLSX (Microsoft Excel);
- исходные данные предоставляются в том же файле;
- рисунки, схемы, чертежи: форматы JPEG, PNG;
- сканированные изображения не принимаются.

2. Заголовок статьи должен кратко (рекомендуется не более 10 слов) и точно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В него необходимо вложить как информативность, так и привлекательность, уникальность научного творчества автора. Приводится на русском и английском языках.

Через строку указываются инициалы и фамилия автора (полужирным шрифтом, выравнивание по левому краю); краткая информация об авторе: звание, должность, место работы (полное официальное наименование организации), город, страна, контактный e-mail (выравнивание по левому краю). Если статья написана группой авторов, через строку указываются инициалы и фамилия следующего автора и краткая информация о нем (приводятся на русском и английском языках). Кроме того, символом в форме конверта, указывается автор, который является контактным лицом по вопросам, связанным с публикацией статьи. Рекомендуемое количество соавторов – не более трех человек.

3. Аннотация должна в краткой форме содержать описание следующих **составных частей, представленных в статье:**

- Введение, цель;
- Методы исследования;
- Результаты и дискуссия;
- Заключение.

Аннотация должна отражать все основные методы исследования, полученные результаты и сформулированные выводы так, чтобы читатель мог получить представление о них даже без обращения к основному тексту.

В аннотации не допускается указывать ссылки на источники. Нельзя использовать сокращения и аббревиатуры.

Рекомендуемый объем – 150–250 слов. Пишется курсивом, полужирным шрифтом. Приводится на русском и английском языках.

4. Ключевые слова являются поисковым образом научной статьи. В связи с этим они должны отражать основные положения, достижения, результаты, терминологию научного исследования. Не рекомендуется включение универсальных ключевых слов: анализ, гипотеза, исследование и т. д. Сами ключевые слова приводятся через запятую, после последнего слова точка не ставится.

Рекомендуемое количество ключевых слов – 5–10. Пишутся курсивом, полужирным шрифтом. Приводятся на русском и английском языках.

5. Конфликт интересов. Необходимо привести информацию об отсутствии конфликта интересов. Пишется курсивом, полужирным шрифтом. Приводятся на русском и английском языках.

6. Благодарности. В этом разделе указываются источники финансирования данного исследования (грант, государственное задание, государственный контракт и т. д. с обязательным указанием номеров соглашений, контрактов, договоров и т. д.). Пишутся курсивом, полужирным шрифтом. Приводятся на русском и английском языках.

7. Источник финансирования. Указываются источники финансирования (гранты, совместные проекты и т. п., если имеются). Не следует использовать сокращенные названия институтов и спонсирующих организаций. Пишется курсивом, полужирным шрифтом. Приводятся на русском и английском языках.

8. Текст статьи. Основной текст статьи излагается на русском или английском языке в определенной последовательности. Рекомендуется придерживаться формата **IMRAD** (Introduction, Methods, Results, Aim, Discussion; Введение, Цель, Методы, Результаты, Обсуждение):

- Введение (требуется обзор литературы и указание цели статьи, как результата исследования);
- Методы исследования;
- Результаты и дискуссия;
- Заключение.

Приведенные части требуется выделять соответствующими подзаголовками и излагать в данных разделах релевантную информацию. Внутри указанных разделов допускается авторская рубрикация. Название каждого раздела пишется курсивом, с прописной буквы, выравнивание по центру.

При использовании в основном тексте сокращений необходимо приводить их расшифровку. Например, «...федеральные органы исполнительной власти (ФОИВ)...». Номера ссылок на источники приводятся в квадратных скобках в порядке упоминания с указанием в случае прямого цитирования номеров страниц. Ссылки на неопубликованные материалы не допускаются. Включение в библиографический список источников, на которые отсутствуют ссылки в тексте, также недопустимо.

8.1. Введение. Необходима постановка научной проблемы, ее актуальность, связь с важнейшими задачами, которые необходимо решить, значение для развития определенной отрасли науки или практической деятельности. При написании данного раздела автор прежде всего должен заявить общую тему исследования. Далее необходимо раскрыть теоретическую и практическую значимость работы.

Во введении автор также обозначает проблемы, не решенные в предыдущих исследованиях по данной тематике, которые призвана решить данная статья. В нем также выражается главная идея публикации, которая существенно отличается от современных представлений о проблеме, дополняет или углубляет уже известные подходы к ней; обращается внимание на введение в научное обращение новых фактов, выводов, рекомендаций, закономерностей.

Цель статьи вытекает из постановки проблемы.

Обзор литературы. Необходимо описать основные (последние по времени – 3–5 лет) исследования и публикации, на которые опирается автор; современные взгляды на проблему; трудности при разработке данной темы; выделение нерешенных вопросов в пределах общей проблемы, которым посвящена статья. Внимание также следует уделить изучению международного опыта и зарубежных источников.

В тексте могут быть применены сноски, которые нумеруются арабскими цифрами. В сносках могут быть размещены: ссылки на анонимные источники из сети Интернет, ГОСТы, авторефераты, диссертации (если нет возможности процитировать статьи, опубликованные по результатам диссертационного исследования).

8.2. Методы исследования. В данном разделе описываются процесс организации исследования, примененные методики; даются подробные сведения об объекте исследования; указывается последовательность выполнения исследования и обосновывается выбор используемых методов (наблюдение, опрос, тестирование, эксперимент, анализ, моделирование, изучение и обобщение и т. д.).

8.3. Результаты и дискуссия. В этой части статьи должен быть представлен систематизированный авторский аналитический и статистический материал. Результаты проведенного исследования необходимо описывать достаточно полно, чтобы читатель мог проследить его этапы и оценить обоснованность сделанных автором выводов. Это основной раздел, цель которого – при помощи анализа, обобщения и разъяснения данных доказать рабочую гипотезу (гипотезы). Результаты при необходимости подтверждаются иллюстрациями (таблицами, графиками, рисунками), которые представляют исходный материал или доказательства в свернутом виде. Важно, чтобы проиллюстрированная информация не дублировала уже приведенную в тексте. Представленные в статье результаты желательно сопоставить с предыдущими работами в этой области как автора, так и других исследователей. Такое сравнение дополнительно раскроет новизну проведенной работы, придаст ей объективность. Результаты исследования должны быть изложены кратко, но при этом содержать достаточно информации для оценки сделанных выводов. Также должно быть обосновано, почему для анализа были выбраны именно эти данные.

8.4. Заключение. Заключение содержит краткую формулировку результатов исследования. В нем в сжатом виде повторяются главные мысли основной части работы. В этом разделе необходимо сопоставить полученные результаты с обозначенной в начале работы целью. В заключении суммируются результаты осмысления темы, делаются выводы, обобщения и рекомендации, вытекающие из работы, подчеркивается их практическая значимость, а также определяются основные направления для дальнейшего исследования в этой области. В заключительную часть статьи желательно включить попытки прогноза развития рассмотренных вопросов.

9. Оформление ссылок на источники внутри текста. Все цитаты сопровождаются ссылкой на источник непосредственно в конце процитированного текста – в квадратных скобках указывается порядковый номер по мере их появления. Ссылка

на страницу отделяется от ссылки на источник запятой. Если в квадратных скобках одновременно приводятся ссылки на несколько источников, они отделяются друг от друга точкой с запятой, например: [1; 3]; [1–3]. При прямом цитировании текст заключается в кавычки и в ссылке обязательно указывается номер страницы источника или листа архивного документа, например: [1, с. 25] или [5, л. 3 об.]. Возможно использование ранее опубликованных собственных текстов автора в объеме не более 20 % от общего списка использованной литературы.

10. Рисунки и таблицы, представленные в тексте статьи, должны иметь заголовки: таблицы – сверху по центру (шрифт полужирный, кегль 10, слово «Таблица» пишется полностью, указывается номер таблицы, ставится точка, далее пишется название таблицы); рисунки – снизу по центру (шрифт полужирный, кегль 10, слово «Рисунок» пишется полностью, указывается номер рисунка, далее после точки – название рисунка).

Все названия, подписи и структурные элементы графиков, таблиц, схем и т. д. оформляются на русском и английском языках. Под таблицами и рисунками необходимо указывать источник, из которого взят рисунок или таблица (автор, книга, журнал и т. д.). На каждую таблицу и рисунок должна быть сделана ссылка в тексте, например: (табл. 1). Размер шрифта в рисунках и таблицах – не менее 10 кт Times New Roman. В случае использования скриншотов (в т. ч. программ) следует дополнить их подробной описательной частью.

11. Все иллюстрации, представленные в статье (таблицы, рисунки, схемы, чертежи), дополнительно представляются в виде отдельных файлов. Иллюстрации представляются в цветном или черно-белом варианте. В черно-белом варианте должно присутствовать не более четырех оттенков серого, дополнительно может использоваться «штриховка» различных направлений и форм штриха.

12. Список источников. Это должно быть библиографическое описание источников, выполненное по ГОСТ 7.0.7–2021 «Библиографическое описание документа». Нумерация источников – по порядку упоминания в тексте. Каждая ссылка с номером – в отдельном абзаце. В ссылках на материалы конференций обязательно указание даты и места их проведения; при ссылках на статьи в сборниках статей обязательно приводятся номера страниц, содержащих данный материал. Список литературы содержит сведения о цитируемом, рассматриваемом или упоминаемом в тексте статьи литературном источнике. В список литературы включаются только рецензируемые источники (статьи из научных журналов и монографии).

Список источников должен иметь не менее 15 источников (из них, при наличии, не более 20 % – на собственные работы), имеющих статус научных публикаций. Приветствуются ссылки на современные англоязычные издания.

Ссылки на неопубликованные и нетиражированные работы не допускаются. Не допускаются ссылки на учебники, учебные пособия, справочники, словари, диссертации и другие малотиражные издания.

Если описываемая публикация имеет цифровой идентификатор Digital Object Identifier (DOI), его необходимо указывать в самом конце библиографической ссылки в формате «doi: ...».

Нежелательны ссылки на источники более 10–15 летней давности, приветствуются ссылки на современные источники, имеющие идентификатор doi.

За достоверность и правильность оформления представляемых библиографических данных авторы несут ответственность вплоть до отказа в праве на публикацию.

Оформляется на русском и английском языках.

References для зарубежных баз данных приводится полностью отдельным блоком, повторяя список литературы к русскоязычной части. Если в списке литературы есть ссылки на иностранные публикации, то они полностью повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите. В References совершенно недопустимо использовать российский ГОСТ 7.0.5–2008. Библиографический список представляется с переводом русскоязычных источников на латиницу. При этом применяется транслитерация по системе BSI.

13. Информация об авторах. Включает для каждого автора фамилию, имя, отчество (полностью), ученую или академическую степень, ученое звание, почетные звания, название организации, должность, адрес электронной почты. Если ученых и/или академических степеней и званий нет, то следует указать название вуза, где получено высшее образование. Также (при наличии) требуется включить идентификационный номер исследователя ORCID (Open Researcher and Contributor ID) или любой другой идентификатор публикационной активности автора. В информации также следует указать автора, ответственного за прохождение статьи в редакции. Оформляется на русском и английском языках.

**Редколлегия выражает благодарность рецензентам,
принимавшим участие в работе над номером:**

Вагановой В. А., к.э.н., доценту СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Ерочкиной О. А., к.соц.н., доценту СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Косухиной М. А., к.э.н., доценту СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Кузьминой С. Н., д.э.н., профессору СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Медведевой О. Е., к.э.н., доценту СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Мкртчян Т. Р., д.э.н., профессору СПбГУПТД
Садырину И. А., к.э.н., доценту СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Силаевой В. В., к.т.н., доценту СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Шашиной Н. С., д.э.н., профессору СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Яценко В. В., к.т.н., доценту СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Анонс конференций в 2025 году, организуемых ИНПРОТЕХ

Конференция	Тематика	Период проведения, место проведения
Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные проблемы менеджмента»	Обсуждение актуальных вопросов управления в различных сферах экономики, инновационные подходы и практические решения в менеджменте	Апрель, г. Санкт-Петербург, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Международная научно-практическая конференция «Наука настоящего и будущего»	Современные исследования в различных областях науки, перспективные направления развития и внедрение научных достижений	Май, г. Санкт-Петербург, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Международная научно-практическая конференция «Устойчивое развитие и технологии роста»	Экологические, экономические и технологические аспекты устойчивого развития, инновационные решения для экономического роста	Октябрь, г. Санкт-Петербург, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Актуальные аспекты модернизации российской экономики»	Ключевые вызовы и перспективы развития экономики России, вопросы модернизации, инновационных технологий и экономической политики	Декабрь, г. Санкт-Петербург, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Центр компетенций в области бережливого производства для высокотехнологичных отраслей экономики создан в 2022 г. в рамках **Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030»** СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Цель Центра компетенций (ЦКБП) – разработка и продвижение современных методов менеджмента качества и бережливого производства для обеспечения качества образовательной и научно-исследовательской деятельности и организаций различных отраслей экономики.

Услуги Центра компетенций:

- обучение основам бережливого производства;
- организация экскурсий на действующие предприятия – партнеры Центра;
- разработка обучающих курсов и учебных материалов;
- консалтинг для организаций;
- экспресс-аудит производственных систем.

В Центре компетенций действует **Lean-Лаборатория**, в которой организуется обучающая имитационная игра **«Фабрика процессов» (офисная, производственная)**.

Обучение реализуется как в **очном**, так и в **дистанционном формате** с применением современных цифровых технологий. Продолжительность программ обучения Центра компетенций – **от 18 до 72 академических часов**. По результатам обучения выдается **удостоверение о повышении квалификации** установленного образца.

Подробное содержание программы и запись доступна на сайте и в Telegram-канале:

Сайт



Telegram-канал



Контакты:

197022, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Профессора Попова, д. 5, к. 5, лит. Ф, пом. 5235, каф. МСК
+7 812 346-44-89



