

ISSN 2072-1633 (Print)
ISSN 2413-662X (Online)

Экономика промышленности

**Russian Journal
of Industrial Economics**

2024
Tom
Vol. **17, № 4**

<https://ecoprom.misis.ru/>

ИТОГИ VIII МЕЖДУНАРОДНОГО КОНКУРСА «ИННОВАЦИОННЫЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ»

9 декабря 2024 г. состоялось подведение итогов VIII Международного конкурса «Инновационные стратегии развития». Организаторами конкурса выступили: кафедра экономической и финансовой стратегии Московской школы экономики и Центр стратегических исследований МГУ имени М.В. Ломоносова и РАНХиГС Санкт-Петербург при участии Шанхайского университета, Университета науки и технологий МИСИС и Кемеровский государственный университет.

Целью конкурса научно-исследовательских работ молодых ученых является продвижение и развитие методологии стратегирования, стратегического мышления и навыков профессии стратега.

Участникам предлагалось провести исследования по тематике стратегирования в сферах экономики, транспорта, промышленности, агробизнеса и информационных технологий, социологии, культуры, экологии, образования, спорта, медицины, туризма, региональных социально-экономических систем.

В мероприятии приняли участие студенты бакалавриата, магистратуры и аспирантуры высших учебных заведений, преподаватели и научные работники, а также студенты колледжей и учащиеся 8–11 классов школ.

В Международном конкурсе активное участие приняли школьники, студенты, преподаватели и научные работники из 33 стран. За период проведения конкурса в нем приняли участие представители 60 стран. Впервые в данном интеллектуальном состязании принимают участие конкурсанты из Болгарии, Колумбии, Кубы, Марокко, Португалии и Эфиопии.

В числе победителей конкурса вошли представители Московской школы экономики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и Высшей школы государственного администрирования Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Список победителей по категориям участников

Преподаватели и молодые ученые

Петрова Полина Михайловна

Аспиранты

Айишауле Абудемалеке

Ван Гуаньюй

Герелишин Роман Игоревич

Дубоделов Артем Викторович

Дудовцев Евгений Викторович

Кайсина Полина Александровна

Калинин Владимир Сергеевич

Каразиев Рамазан Магомедович

Назаренко Тарас Сергеевич

Новиков Александр Павлович

Почивалов Артур Олегович

Солнцев Артем Константинович

Бакалавры

Машуков Ильяс Юнусович

Магистранты

Ван Мэнин

Вэн Канмин

Катвалян Офеля Арменовна

Ма Кай

Мори Даниэл Омарович

Решетова Владислава Игоревна

Фроймчук Анжела Валерьевна

Магистранты филиала МГУ в г. Ереван

Джагацпанян Эдгар Вартович

Ёлчан Арпине Норайровна.

Конкурсную комиссию возглавляет доктор экономических наук, профессор, иностранный член РАН, заслуженный работник высшей школы РФ, заведующий кафедрой экономической и финансовой стратегии Московской школы экономики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова Владимир Львович Квинт. В состав конкурсной комиссии входит доктор экономических наук, профессор кафедры экономической и финансовой стратегии Московской школы экономики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова Ирина Викторовна Новикова. Ответственный секретарь конкурсной комиссии – кандидат экономических наук, доцент Александр Александрович Козырев.

Экономика промышленности

Ежеквартальный научно-производственный журнал

2024, т. 17, № 4

Миссия журнала – способствовать теоретическому обоснованию, разработке и практической реализации наиболее эффективных индустриальных стратегий предприятиями и организациями горно-металлургического комплекса и в целом отраслями тяжелой промышленности. Журнал сфокусирован на инновационном развитии и новом динамизме индустрии производственно-потребительского цикла. На страницах журнала анализируется опыт инновационного развития и реализации конкурентных преимуществ высокой социальной значимости, как индустриальных гигантов, так и предприятий малого и среднего бизнеса. Журнал ориентирован на анализ и использование передовых достижений отечественной и мировой экономической науки и стратегической мысли.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

В.Л. Квинт – академик, иностранный член РАН, д-р экон. наук, проф., лауреат премии имени М.В. Ломоносова Первой степени, заслуженный работник высшей школы РФ, НИТУ МИСИС, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

А.В. Митенков – канд. филос. наук, директор института ЭУП, НИТУ МИСИС, г. Москва, Российская Федерация

И.В. Новикова – д-р экон. наук, доцент, проф. кафедры экономической и финансовой стратегии МШЭ, МГУ имени М.В. Ломоносова, НИТУ МИСИС, г. Москва, Российская Федерация

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

А.Б. Крельберг – канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, НИТУ МИСИС, г. Москва, Российская Федерация

УЧРЕДИТЕЛИ



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»



Акционерное общество «Объединенная металлургическая компания»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

И.Г. Ахметова – д-р техн. наук, проф., проректор Казанского государственного энергетического университета, директор Института цифровых технологий и экономики, г. Казань, Российская Федерация

А.Р. Бахтизин – член-корр. РАН, д-р экон. наук, проф., директор, Центральный экономико-математический институт, г. Москва, Российская Федерация

А.В. Дуб – д-р техн. наук, проф., лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, лауреат премии Президиума РАН им. П.П. Аносова, лауреат Государственной премии РФ в области науки и технологий, генеральный директор АО «Наука и инновации», г. Москва, Российская Федерация

Н.К. Еремина – Президент АО «ОМК», г. Москва, Российская Федерация

Нье Йонгйюу – декан Школы экономики, Шанхайский университет, Китайская Народная Республика

Д.М. Журавлев – д-р экон. наук, доц., Научно-исследовательский институт социальных систем при МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

Ю.Ю. Костохин – д-р экон. наук, проф., НИТУ МИСИС, г. Москва, Российская Федерация

В.А. Крюков – академик РАН, д-р экон. наук, проф., директор Института экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация

В.Н. Лившиц – д-р экон. наук, проф., заслуженный деятель науки и техники РСФСР, ФИЦ «Информатика и управление» РАН, г. Москва, Российская Федерация

В.Л. Макаров – академик РАН, д-р физ.-мат. наук, проф., научный руководитель, Центральный экономико-математический институт, г. Москва, Российская Федерация

А.В. Мясков – д-р экон. наук, проф., директор Горного института, НИТУ МИСИС, г. Москва, Российская Федерация

В.В. Окрепилов – академик РАН, д-р экон. наук, проф., Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

С.Н. Растворцева – д-р экон. наук, проф., НИУ ВШЭ, г. Москва, Российская Федерация

Ж. Сапир – иностранный член РАН, проф., Высшая школа социальных наук, Франция

Н.И. Сасаев – канд. экон. наук, доц., МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

А.М. Седых – канд. экон. наук, АО «ОМК», г. Москва, Российская Федерация

Т.О. Толстых – д-р экон. наук, проф., НИТУ МИСИС, г. Москва, Российская Федерация

Ю.Дж. Уграс – д-р экон. наук, проф., Университет Ла Салль, США

М.Н. Узиков – д-р экон. наук, проф., Институт народно-хозяйственного прогнозирования РАН, г. Москва, Российская Федерация

Д. Фантазини – PhD, д-р экон. наук, доцент МШЭ МГУ, г. Москва, Российская Федерация

С.Е. Цивилев – Министр энергетики Российской Федерации, Министерство энергетики Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация

Р. Хаусвалд – проф., Американский университет в Вашингтоне, США

А.А. Черникова – д-р экон. наук, проф., ректор НИТУ МИСИС, г. Москва, Российская Федерация

И.В. Шацкая – д-р экон. наук, доц., МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Российская Федерация

А.А. Широ – д-р экон. наук, проф., член-корр. РАН, директор Института народнохозяйственного прогнозирования РАН, г. Москва, Российская Федерация

Е.В. Шкарупета – д-р экон. наук, проф., Воронежский государственный технологический университет, г. Воронеж, Российская Федерация

Ю.И. Шхиянц – исполнительный директор АО «Стройтрансгаз», г. Москва, Российская Федерация

Ю.А. Щербанин – д-р экон. наук, проф., заведующий кафедрой нефтегазотрейдинга и логистики, Губкинский университет, г. Москва, Российская Федерация

Н.В. Шмелева – д-р экон. наук, доц., НИТУ МИСИС, г. Москва, Российская Федерация

О.В. Юзов – д-р техн. наук, заслуженный деятель науки РФ, почетный металлург, почетный работник высшего профессионального образования России, АО «ОМК», г. Москва, Российская Федерация

Выходит с 2008 года

Журнал включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук», в ВИНТИ, РИНЦ, Ulrich's Periodicals Directory

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» – 82377

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, пер. ПИ № ФС77-82209 от 26.10.2021 г., пред. пер. ПИ № ФС77-41503 от 30.06.2010, перв. регистр. ПИ № ФС77-32327 от 09.07.2008.



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

© НИТУ МИСИС, 2024

Технические редакторы: А.А. Космынина, Н.Э. Хотинская

Переводчики: И.А. Макарова (английский язык),
Юй Айхуа (китайский язык)

Компьютерная верстка, оформление обложки: Т.А. Лоскутова

Адрес редакции:

119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1, НИТУ МИСИС

Тел./Факс: 8 (495) 638-4531

Сайт: <https://ecoprom.misis.ru/>

E-mail: ecoprom@misis.ru, ecoprom.misis@mail.ru

Подписано в печать 20.12.2024, формат 60×90 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 18,0. Заказ № 21219.
Отпечатано в типографии Издательского Дома МИСИС,
119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1

Russian Journal of Industrial Economics

Quarterly research and production journal

2024, vol. 17, no. 4

The mission of the Russian Journal of Industrial Economics is to contribute to the theoretical proof and evidence, development and practical implementation of the most effective industrial strategies by enterprises and organizations of the mining – metallurgical complex, and by heavy industry as a whole. The Journal is focused on the innovative development and new dynamism of the manufacturing – consumer cycle. The pages of the Journal analyze the experience of innovative development and realization of strategic competitive advantages of high social significance, both industrial giants and small and medium-sized enterprises. The trials of innovative development and the implementation of competitive advantages of great social significance are analyzed on the pages of the Journal, including those of industrial giants and small and medium sized enterprises. The Journal is focused on the analysis and practical use of advanced achievements of domestic and world economic science and strategic thought.

EDITOR-IN-CHIEF

Vladimir L. Kvint – Academician, Foreign Member of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sci.(Econ.), Professor, Honored Fellow of Higher Education of the Russian Federation, Lomonosov Moscow State University, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

DEPUTY OF THE EDITOR-IN-CHIEF

Alexey V. Mitenkov – Ph.D(Philosoph.), Director of the Institute of Industrial Economics, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

Irina V. Novikova – Dr.Sci.(Econ.), Professor, Economic and Financial Strategy Department at Lomonosov Moscow State University' Moscow School of Economics, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

EXECUTIVE EDITOR

Alla B. Krel'berg – Ph.D(Eng.), Senior Researcher, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

FOUNDERS



MISIS
UNIVERSITY

National University of Science and Technology "MISIS"



Closed Joint Stock Company
"United Metallurgical Company"

EDITORIAL BOARD

Irina G. Akhmetova – Dr.Sci.(Eng.), Director of the Institute of Digital Technologies and Economics, State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

Al'bert R. Bakhtizin – Corresponding Member RAS, Dr.Sci.(Econ.), Professor, Director, Central Economic Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Alevtina A. Chernikova – Dr.Sci.(Econ.), Professor, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

Alexei V. Dub – Dr.Sci.(Eng.), Professor, Nauka i Innovatsii, Moscow, Russian Federation

Nataliya K. Eriomina – President of OMK, Moscow, Russian Federation

Dean Fantazzini – Ph.D, Dr.Sci.(Econ.), Moscow School of Economics, Moscow, Russian Federation

Robert Hauswald – Dr.Sci.(Econ.), Professor, American University, Washington D.C., USA

Nie Yongyou – Professor, Dean of the School of Economics, Shanghai University, Shanghai, People's Republic of China

Yuriy Yu. Kostukhin – Dr.Sci.(Econ.), Professor, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

Valeryi A. Kryukov – academician of the RAS, Dr.Sci.(Econ.), Professor, Director of Institute of Economics and Industrial Engineering of Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk, Russian Federation

Veniamin N. Livchits – Dr.Sci.(Econ.), Professor, Honored Worker of Science and Technology of the RSFSR, FITS Informatics and Management RAS, Moscow, Russian Federation

Valeriy L. Makarov – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sci.(Phys.-Math.), Professor, Research Director, Central Economic Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Alexander V. Myaskov – Dr.Sci.(Econ.), Professor, Director of Mining Institute, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

Vladimir V. Okrepilov – Academician, Dr.Sci.(Econ.), Professor, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg, Russian Federation

Svetlana N. Rastvortseva – Dr.Sci.(Econ.), Professor, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russian Federation

Jacques Sapir – Director of Studies, EHESS-Paris, Head of the CEMI-IFAE team, Foreign Member of the Russian Academy of Science, Paris, France

Nikita I. Sasaev – Ph.D(Econ.), Associate Professor, Economic and Financial Strategy Department at Lomonosov Moscow State University' Moscow School of Economics, Moscow, Russian Federation

Anatoly M. Sedych – Ph.D, JSC United Metallurgical Company, Moscow, Russian Federation

Irina V. Shatskaya – Dr.Sci.(Econ.), Associate Professor, MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russian Federation

Alexander A. Shirov – Dr.Sci.(Econ.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of Institute for Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Yuliya I. Shkhiyants – Executive Director of ISC Stroytransgaz, Moscow, Russian Federation

Yurii A. Shcherbanin – Dr.Sci.(Econ.), Professor, Head of the Department of Oil and Gas Trading and Logistics, Gubkin University, Moscow, Russian Federation

Elena V. Shkarupeta – Dr.Sci.(Econ.), Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

Nadezhda V. Shmeleva – Ph.D(Econ.), Associate Professor, Department of Industrial Strategy, National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russian Federation

Tatyana O. Tolstykh – Dr.Sci.(Econ.), Professor, NUST MISIS, Moscow, Russian Federation

Sergey E. Tsivilev – Minister of Energy of the Russian Federation, Ministry of Energy of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

Denis M. Zhuravlev – Dr.Sci.(Econ.), Associate Professor, Research Institute of Social Systems at Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

Usef J. Ugras – Dr.Sci.(Econ.), Professor, LaSalle University, USA

Marat N. Uzyakov – Dr.Sci.(Econ.), Professor, Deputy Director of the Institute for Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Oleg V. Yuzov – Dr.Sci.(Eng.), Professor, JSC United Metallurgical Company, Moscow, Russian Federation

Founded in 2008

Indexation: VINITI, Russian Scientific Citation Index, Ulrich's Periodicals Directory



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution 4.0 License.

© NUST MISIS, 2024

Publisher: National University of Science and Technology "MISIS"

Mailing address: 4, build. 1 Leninsky Ave., Moscow 119049, Russia

Phone / Fax: +7 (495) 638-4531

Web: <https://ecoprom.misis.ru/>

E-mail: ecoprom@misis.ru, ecoprom.misis@mail.ru

Responsible for content in English: I.A. Makarova

工业经济

科学与生产季刊

第17卷，2024年第4期

《工业经济》期刊的使命是促进采矿冶金综合体的企业和组织乃至整个重工业理论论证、开发和实际实施最有效的产业战略。期刊侧重于生产和消费周期行业的创新发展和新活力。期刊分析具有较高社会意义的创新发展和实施竞争优势的经验，无论是工业巨头还是中小型企业。期刊着重分析和运用国内外经济科学和战略思想的先进成果。

《工业经济》的目标受众是各个生产领域的战略领导者、高级和中层管理人员、科学家、工程师、经济学家和实践者，其生产领域的数字化、技术机器人化和其它创新变革旨在改善人们的生活质量

《工业经济》的原则是对俄罗斯和整个国际社会的科学家和实践家免费开放，可自由访问其内容。期刊页面是讨论经济科学的最新成果、实施先进技术的实践和产业战略规划的平台。

主编

昆特·弗·利 - 俄罗斯科学院外国成员，经济学博士，教授，罗蒙诺索夫科学工作一等奖获得者，俄罗斯联邦高等学校荣誉工作者，莫斯科罗蒙诺索夫国立大学经济学，国立研究型技术大学MISIS，莫斯科市

副主编

米岑科夫·阿·弗 - 哲学副博士，国立研究型技术大学MISIS 经济与工业企业管理学院院长，俄罗斯联邦，莫斯科市

诺维科娃·伊·维 - 经济学博士，莫斯科罗蒙诺索夫国立大学莫斯科经济学院经济与金融战略系教授，国立研究型技术大学MISIS，俄罗斯联邦，莫斯科

执行秘书

克列尔贝格·阿·鲍 - 副技术博士，国立研究型技术大学MISIS高级研究员，莫斯科市

创始人



MISIS
UNIVERSITY

联邦国立自治高等教育机构国立研究型技术大学MISIS



俄罗斯联合冶金公司

编辑委员会

阿赫梅托娃·伊·加 - 技术科学博士，教授，喀山国立动力大学副校长，数字技术与经济学院院长，喀山市

巴赫季京·阿·劳 - 俄罗斯科学院通讯院士，经济学博士，教授，俄罗斯中央经济数学研究所所长，莫斯科市

杜博·阿·弗 - 技术科学博士，教授，俄罗斯联邦政府科学技术奖获得者，俄罗斯科学院主席团阿诺索娃奖获得者，俄罗斯联邦科学技术领域国家奖获得者，科学与创新股份公司总经理，莫斯科市

埃雷米纳·N.K. - 俄罗斯联合冶金公司（OMK）总裁，俄罗斯联邦莫斯科。

聂永有 - 教授，上海大学（中国）经济学院执行院长。

朱拉夫列夫 D.M. - 经济学博士、副教授、莫斯科罗蒙诺索夫国立大学社会系统研究所，俄罗斯联邦，莫斯科

科斯秋欣·尤·尤 - 经济学博士，国立研究型技术大学 MISIS 校长，莫斯科

克留科夫 V.A. - 瓦列里·阿纳托利耶维奇，俄罗斯科学院院士，经济学博士，教授，俄罗斯科学院西伯利亚分院经济与工业工程研究所所长。

利夫希茨·维·纳 - 经济学博士，教授，俄罗斯苏维埃社会主义共和国荣誉科学技术工作者，俄罗斯科学院联邦信息与管理研究中心，莫斯科市

马卡罗夫·瓦·列 - 俄罗斯科学院院士，物理-数学科学博士，教授，导师，中央经济与数学研究所，莫斯科市

米亚斯科夫·亚·维 - 经济学博士，教授，国立研究型技术大学MISIS矿学院院长，莫斯科市

奥克利皮洛夫·弗·瓦 - 俄罗斯科学院院士，经济学博士，教授，圣彼得堡国立航空航天大学，圣彼得堡

拉斯特沃尔彩瓦·斯·尼 - 经济学博士，高等经济学院教授，莫斯科市

雅克·萨皮尔 - 法国社会科学高等研究院教授（法国）

萨萨耶夫 N.I. - 经济学副博士，莫斯科罗蒙诺索夫国立大学莫斯科经济学院经济与金融战略系副教授，俄罗斯联邦莫斯科

谢得赫·阿·米 - 经济学副博士，联合冶金公司，莫斯科市

托尔斯得赫·塔·奥 - 经济学博士，国立研究型技术大学MISIS工业管理系教授，莫斯科市

优素福·约瑟夫·乌格拉斯 - 经济学博士，拉萨尔大学教授（美国）

乌齐亚科夫·马·纳 - 经济学博士，教授，俄罗斯科学院国民经济预测研究所副所长 莫斯科市

狄恩·凡塔齐尼 - PhD，经济学副博士，副教授，莫斯科国立大学经济学院计量经济学和数学方法系副主任，莫斯科市

罗伯特·豪斯瓦尔德 - 教授，华盛顿大学（美国）

谢尔盖·莱夫根耶维奇·齐维列夫 - 俄罗斯联邦能源部部长，俄罗斯联邦能源部，俄罗斯联邦莫斯科

切尔尼科娃·阿·阿 - 经济学博士，教授，国立研究型技术大学 MISIS校长，莫斯科

希洛夫·亚·亚 - 经济学博士，俄罗斯科学院通讯院士，俄罗斯科学院国民经济预测研究所副所长，莫斯科市

斯卡卢佩塔·叶·维 - 经济学博士，沃罗涅日国立技术大学教授，沃罗涅日市

施赫洋茨·尤·伊 - 天然气建筑与输送公司（Stroytransgaz）执行经理，俄罗斯联邦莫斯科

谢尔巴宁·尤·阿 - 经济学博士，教授，古布金大学石油和天然气交易和物流教研室主任，莫斯科市

什梅列娃 N.V. - 经济学博士、副教授、国立研究型技术大学MISIS，俄罗斯联邦，莫斯科

尤佐夫·奥·韦 - 技术博士，俄罗斯联邦荣誉科学工作者，名誉冶金学家，俄罗斯高等职业教育名誉工作者，联合冶金公司，莫斯科市

沙茨卡亚 I.V. - 经济学博士，联邦国家预算高等教育机构俄罗斯技术大学-MIREA副教授，俄罗斯联邦莫斯科

自2008年出版

索引: VINITI, 俄罗斯科学引文索引, 乌尔里希 (Ulrich) 期刊目录

发行人: 国立研究技术大学“莫斯科钢铁合金学院” (NUST MISIS)



本作品遵循
知识共享署名4.0许可。

© NUST MISIS, 2024

邮寄地址: 119049, 莫斯科, 列宁斯基大街4号, 国立研究型技术大学MISIS, 电话/传

真: +7 (495) 638-4531

网页: <https://ecoprom.misis.ru/>

电子邮件: ecoprom@misis.ru, ecoprom.misis@mail.ru

技术编辑: 科斯梅尼娜A.A, 英文翻译: 马卡洛娃.I.A, 中文翻译: 于爱华, 计算机排版及封面设计: 洛斯科托夫.T.A

СОДЕРЖАНИЕ

Экономика знаний

Бабкин А.В., Шкарупета Е.В. Индустрия 6.0: сущность, тенденции и стратегические возможности для России.....	353
---	-----

Экономика природопользования

Мясков А.В., Гвоздяный С.В. Российский и зарубежный опыт использования цифровых двойников в энергетике.....	378
Беилин И.Л. Экономическая парадигма экологической безопасности нефтегазовых регионов	388
Кудрявцев А.А., Ланин С.Н. Оперативное прогнозирование расхода топливного газа в газотранспортных обществах ПАО «Газпром»	401

Теория и практика стратегирования

Швецова А.А., Манаева И.В. Опыт ведущих стран в стратегическом планировании и возможности его использования в России	424
--	-----

Национальные индустриальные экономики

Низамутдинов И.К. Значение промышленной стратегии в развитии современной национальной экономики	437
Сидорова Е.Ю., Завражин Д.П. Государственное руководство процессом импортозамещения в российской экономике	456

Экономика предприятий

Орлова Е.В. Конфликт инноваторов и адаптеров в бизнес-процессах исследований и разработок на предприятии: социофизический подход к разрешению противоречий	465
---	-----

Управление трудовыми ресурсами

Тян А.Ю., Кельчевская Н.Р. Стратегия повышения производительности труда на основе инвестиций в капитал здоровья.....	476
--	-----

Рецензии на книги

Соколов И.А. Рецензия на монографию Д.М. Журавлева «Стратегирование цифровой трансформации сложных социально-экономических систем».....	487
---	-----

CONTENTS

Knowledge economy

Babkin A.V., Shkarupeta E.V. Industry 6.0: the essence, trends and strategic opportunities for Russia.....	353
---	-----

Environmental economics

Gvozdyanny S.E., Myaskov A.V. Russian and foreign experience of using digital twins in the energy sector.....	378
Beilin I.L. The economic paradigm of environmental safety of oil and gas regions	388
Kudryavtsev A.A., Lanin S.N. Operative forecasting of fuel gas consumption in gas transportation companies	401

Theory and practice of strategy

Shvetsova A.A., Manaeva I.V. Experience of leading countries in strategic planning and the possibilities of its use in Russia	424
--	-----

National industrial economics

Nizamutdinov I.K. The significance of an industrial strategy in development of the modern national economics	437
Sidorova E.Yu., Zavrazhin D.P. State management of the import substitution process in the Russian economy.....	456

Business economics

Orlova E.V. The conflict of innovators and adaptors in the business processes of research and development in a company: the socio-physical approach to resolving contradictions	465
--	-----

Human resources management

Tian A.Yu., Kelchevskaya N.R. The strategy of improving labour productivity on the basis of investment into health capital	476
---	-----

Book Reviews

Sokolov I.A. Review of the Monograph by Denis M. Zhuravlev “Strategizing of digital transformation of complex socio-economic systems”	487
--	-----

内容

知识经济

巴布金 A.V., 什卡鲁佩塔 E.V. 工业 6.0: 本质、趋势及俄罗斯的战略机遇353

环境经济学

格沃兹佳内 S.E., 米亚斯科夫 A.V. 俄罗斯国内及国外在电力行业应用数字孪生的经验378

别伊林 I.L. 油气区生态安全的经济范式.....388

库德里亚夫采夫 A.A., 拉宁 S.N. 俄罗斯天然气工业股份公司天然气输送公司燃气消耗量的运营预测.....401

战略化理论与实践

什韦佐娃 A.A., 马纳耶娃 I.V. 一些主要国家在战略规划方面的经验及其在俄罗斯应用的可能性 ...424

国民工业经济

尼扎穆特季诺夫 I.K. 产业战略在现代国民经济发展中的重要性437

西多罗娃 E.Yu., 扎夫拉欣 D.P. 俄罗斯经济进口替代过程的国家管理.....456

企业经济

奥尔洛娃 E.V. 企业研发业务流程中创新者与适应者之间的冲突：解决矛盾的社会物理学方法465

劳动资源管理

Tian A.Yu., 克里切夫斯卡娅 N.R. 过投资健康资本提高劳动生产率战略476

书评

索科洛夫 I.A. D.M. 茹拉夫列娃的专著 《复杂社会经济系统的数字化转型战略化》 的书评487

<https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1369>

Индустрия 6.0: сущность, тенденции и стратегические возможности для России

А.В. Бабкин¹ , Е.В. Шкарупета²  

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, литера Б, Российская Федерация

² Воронежский государственный технический университет,
394071, Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84, Российская Федерация

 9056591561@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты систематического исследования Индустрии 6.0, которая представляет собой будущий этап промышленного развития, характеризующий интеллектуально-технологической иммерсивной гиперсвязанностью и физико-когнитивно-эмоциональным слиянием виртуальных (превосходящих цифровые) двойников человека и машин. Проведен литературный обзорный синтез существующих определений Индустрии 6.0, предложено авторское определение и концепт, систематизированы ключевые технологии по шести исследовательским проекциям: интеллектуальная автоматизация, устойчивое развитие, человеко-машинное взаимодействие, информационные технологии и кибербезопасность, машинное обучение, управление человеческими ресурсами. Особое внимание уделено отличительным характеристикам Индустрии 6.0 по сравнению с Индустриями 4.0 и 5.0. В Индустрии 6.0 происходит вездесущное слияние виртуальных двойников человека и машин, что позволяет реализовывать ультраперсонализированное производство и создавать эмоционально-интеллектуальные экосистемы, в том числе с помощью квантовых технологий. Обсуждаются возможности реализации Индустрии 6.0 в России на основе национальных стратегий по экономике данных, технологическому суверенитету и программе «Технет» Национальной технологической инициативы. Ограничения исследования связаны с футуристическим характером концепции Индустрии 6.0, отсутствием достаточной эмпирической базы и ограниченным количеством актуальных научных публикаций. Направления дальнейших исследований могут включать разработку практических моделей для интеграции интеллектуальных экосистем Индустрии 6.0 в российские производственные и технологические секторы. Особое внимание следует уделить разработке методик оценки экономического и социального эффекта от внедрения ключевых технологий, таких как мультиагентные системы, квантовые вычисления и эмоциональный интеллект машин, а также исследованию путей их адаптации в рамках национальных стратегий технологического суверенитета и экономики данных.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, Индустрия 5.0, Индустрия 6.0, интеллектуальная экономика, интеллектуальная экосистема, промышленный футуризм, технологический суверенитет, устойчивое развитие, виртуальный двойник, экономика данных

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-28-01316).

Для цитирования: Бабкин А.В., Шкарупета Е.В. Индустрия 6.0: сущность, тенденции и стратегические возможности для России. *Экономика промышленности*. 2024;17(4):353–377. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1369>

Industry 6.0: the essence, trends and strategic opportunities for Russia

A.V. Babkin¹ , E.V. Shkarupeta²  

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
29B Polytechnicheskaya Str., St. Petersburg 195251, Russian Federation

² Voronezh State Technical University,
84 20-letiya Oktyabrya Str., Voronezh 394071, Russian Federation

 9056591561@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a systematic study of Industry 6.0 which is the future stage of industrial development characterized by intelligent and technological immersive hyperconnection and physical-cognitive-emotional fusion of virtual (superior to digital) twins of humans and machines. The authors carry out a literary review synthesis of the existing definitions of Industry 6.0, suggest the authors' definition and concept, systematize key technologies by six research projections: intelligent automation, sustainable development, human-machine interaction, information technologies and cybersecurity, machine learning, human resource management. Special attention is paid to the distinctive features of Industry 6.0 compared to Industries 4.0 and 5.0. Industry 6.0 involves the ubiquitous fusion of virtual twins of humans and machines that allows implementing ultrapersonalized production and create emotionally intelligent ecosystems, often with the help of quantum technologies. The authors discuss the opportunities of implementing Industry 6.0 in Russia basing on the national strategies on the data economics, technological sovereignty and the 'Technet' program of the National Technological Initiative. The limitations of the study are connected with the futuristic nature of Industry 6.0 concept, lack of sufficient empiric base and limited amount of relevant scientific publications. The directions of further research may include development of practical models for the integration of intelligent ecosystems of Industry 6.0 into Russian production and technology sectors. Special attention should be paid to the development of the methods for assessment of economic and social effect from the implementation of the key technologies such as multiagent systems, quantum computing and the emotional intelligence of machines as well as to the study of the ways of their adaptation within the national strategies of technological sovereignty and the economics of data.

Keywords: Industry 4.0, Industry 5.0, Industry 6.0, intelligent economics, intelligent ecosystem, industrial futurism, technological sovereignty, sustainable development, virtual twin, economics of data

Acknowledgements: The study has been carried out at the expense of the Russian Scientific Foundation (project No. 23-28-01316).

For citation: Babkin A.B., Shkarupeta E.V. Industry 6.0: the essence, trends and strategic opportunities for Russia. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2024;17(4):353–377. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1369>

工业 6.0：本质、趋势及俄罗斯的战略机遇

A.V. 巴布金¹ , E.V. 什卡鲁佩塔²  

¹ 圣彼得堡彼得大帝理工大学、195251，俄罗斯联邦圣彼得堡综合技术大街29号B楼

² 沃罗涅日国立技术大学、394071，俄罗斯联邦沃罗涅日十月革命20周年纪念大街84号

 9056591561@mail.ru

摘要：本文介绍了对工业 6.0 的系统研究结果。工业 6.0 是工业发展的未来阶段，其特点是智能-技术沉浸式超级互联以及人机虚拟孪生（优于数字孪生）的物理-认知-情感融合。对现有的工业 6.0 定义进行了文献综述，提出了作者的定义和概念，并将关键技术系统化为六个研究课题：智能自动化、可持续发展、人机交互、信息技术与网络安全、机器学习、人力资源管理。特别关注工业 6.0 区别于工业 4.0 和 5.0 的显著特征。在工业 6.0 中，人类和机器的虚拟孪生无处不在，从而可以实现超个性化生产和创建情感智能生态系统，包括借助量子技术。在数据经济、

технологическую и государственную поддержку. В рамках технологической и государственной поддержки, обсуждаются возможности реализации стратегии на основе технологий 6.0. Исследования в области технологий 6.0 имеют ограниченную область применения, поскольку отсутствуют достаточные эмпирические данные и научные публикации. Для дальнейшего исследования необходимо разработать модель, позволяющую интегрировать технологии 6.0 в российскую производственную и технологическую сферу. Необходимо уделять особое внимание оценке влияния технологий 6.0 на экономическую и социальную сферу, а также исследовать возможности реализации стратегии в рамках технологической и государственной поддержки.

Ключевые слова: промышленность 4.0, промышленность 5.0, промышленность 6.0, экономика, экосистема, будущее, технологическая, устойчивое развитие, виртуальный, экономика

Благодарности: Исследование поддержано Российским научным фондом (номер проекта 23-28-01316) для финансирования.

Введение

Активно изучая Индустрию 4.0 [1; 2] и Индустрию 5.0 [3–6] в течение более восьми лет, к концу 2024 г. авторы данной статьи начинают постепенно «прощупывать пульс» новой парадигмы – Индустрии 6.0. Пока этот пульс едва ощутим, очень слабый. Однако нет сомнений, что научная дискуссия, посвященная будущей Индустрии 6.0, постепенно выйдет в авангард экономики промышленности. Интерес к этой концепции подогревается деятельностью таких ключевых фигур как:

– Ф. Котлер (Ph. Kotler) – гурзу маркетинга, в конце 2023 г. представившего видение Маркетинга 6.0 как иммерсивного будущего в эволюции от цифрового мультимаркетинга 4.0 [7], через интеллектуальный омнимаркетинг 5.0 [8] к метамаркетингу 6.0 [9];

– Э. Караянис (E. Karayannis) – автора концепций четверной [10] и пятерной инновационных спиралей [11], развивающего концепцию тройной спирали авторства Л. Лейдесдорф и Х. Эцкович (L. Leydesdorff, H. Etzkowitz). [12] и в начале 2024 г. усовершенствовавшего пентаспираль интеллектуальной ИИ-составляющей (ИИ – искусственный интеллект) в эволюции к Индустрии 6.0 и Обществу 6.0 как умному балансу между технологическим и человекоцентризмом [13; 14];

– научными сотрудниками лабораторий Сколтеха [15], наукограда Дубна [16] и проведением первой международной научно-практической конференции по Индустрии 6.0¹.

Безусловно, работы по теме Индустрии 6.0 начали появляться и ранее, примерно начиная с 2015 г. [17–19]. Многие авторы стремятся закрепить за собой научное первопроходство и обеспечить высокую цитируемость, привлекая внимание к этой теме, подобно тому, как компания Gartner обозначает интерес к прорывным технологиям

с помощью кривой хайпа². Несмотря на некую футуристичность подобных исследований, они крайне важны, поскольку помогают «приблизить будущее», дать ему осязаемый образ и сформировать стратегические ориентиры и научно-технологические прогнозы. Некоторые исследователи предпочитают действовать осторожно, разделяя текущую Индустрию 5.0 на первую и вторую волны, описывая гибридные, коэволюционные индустрии [20], или вводя понятия Индустрии X.0, X.Y. [21], предполагая дальнейшую эволюцию.

Экзистенциальные кризисы, резкое ускорение научно-технического прогресса, экспоненциальный рост объемов информации и данных, волатильная среда, высокая энтропия, VUCA-BANI-TUNA-SHIVA-миры³ – все это атрибуты реальности, в которой приходится выбирать между стратегиями дрейфа и/или дрифта⁴.

² Gartner 2024. Hype cycle for emerging technologies highlights developer productivity, total experience, AI and security. STAMFORD, Conn., August 21, 2024. Available at: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2024-08-21-gartner-2024-hype-cycle-for-emerging-technologies-highlights-developer-productivity-total-experience-ai-and-security> (accessed on 18.10.2024).

³ VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity) – мир нестабильности, неопределенности, сложности и двусмысленности; BANI (Brittle, Anxious, Nonlinear, Incomprehensible) – хрупкий, тревожный, нелинейный, непостижимый мир; TUNA (Turbulent, Uncertain, Novel, Ambiguous) – турбулентный, неопределенный, новый, неоднозначный мир; SHIVA (Split, Horrible, Inconceivable, Vicious, Arising) – расколотый, ужасающий, невообразимый, беспощадный и возрождающий.

⁴ Стратегия дрейфа – пассивное приспособление к изменениям в окружающей среде без активного управления процессами. Пример: промышленная экосистема принимает цифровые стандарты, навязанные глобальными корпорациями, и ограничивается использованием готовых решений, таких как внедрение IoT для мониторинга производственных процессов, без создания собственных инноваций или активного влияния на рынок.

Стратегия дрифта – активное управление изменениями и использование их для достижения целей, адаптации и создания конкурентных преимуществ. Пример: промышленная экосистема разрабатывает платформу промышленного симбиоза, где предприятия интегрируют ресурсы, отходы и технологии в замкнутый цикл, создавая уникальные цифровые стандарты и продвигая устойчивое развитие и экономическую независимость.

¹ 5th International Conference on Communication, Computing & Industry 6.0 – 2024 (C2i6-2024), 6–7 Dec., 2024. Organized by CMR Institute of Technology, Bengaluru-560037. Available at: <https://sites.google.com/cmrit.ac.in/c2i6-2024/home> (accessed on 18.10.2024).

Чтобы оставаться на месте, приходится бежать в несколько раз быстрее. Однако в этой гонке крайне важно сохранить биотические связи в экономической экосистеме, не потерять смысл, главную цель, позволяющую найти баланс между прошлым, настоящим и будущим, развитием и устойчивостью, суверенитетом и глобализацией, технооптимизмом и человекоцентричностью, техновациями и экоинновациями, конкуренцией и сотрудничеством, экономической эффективностью и ценностью для будущих поколений.

По мнению академика В.Л. Квинта и его учеников, в России заложена прочная стратегическая основа для реализации инновационных инициатив [22; 23], в том числе и будущей Индустрии 6.0. Технологический суверенитет и цифровая трансформация признаны в качестве национальных целей развития до 2036 г.⁵ Утверждены «Стратегия научно-технологического развития»⁶, «Концепция технологического развития на период до 2030 г.»⁷ и «Национальная стратегия развития искусственного интеллекта до 2030 г.»⁸. Анонсирован новый национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» на 2025–2030 гг.⁹ Формируются и развиваются новые отрасли, такие как промышленный майнинг, квантовые коммуникации, гражданские беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и др. В настоящее время Минэкономразвития России реализует

10 дорожных карт по высокотехнологичным направлениям¹⁰.

Целью исследования является формирование концептуального абриса будущей Индустрии 6.0.

Основные задачи исследования:

- выявление существующих определений Индустрии 6.0 и формулирование авторского определения;

- систематизация ключевых технологий Индустрии 6.0;

- анализ эволюции и отличий Индустрии 6.0 от предыдущих этапов, таких как Индустрия 5.0 и Индустрия 4.0.

В исследовании использованы методы систематического обзора, литературного синтеза, а также наукометрического и библиографического анализа с применением таких инструментов, как Dimensions, VOSviewer, ChatGPT 4.0, Biblioshiny и Polyanalyst.

Литературный обзор определений Индустрии 6.0

Для решения задачи выявления существующих определений и авторского осмысления концепции Индустрии 6.0 был проведен систематический литературный обзор. Поиск публикаций осуществлялся в базе данных Dimensions с использованием ключевых слов «Industry 6.0» в названиях и аннотациях, что позволило выявить 54 публикации на дату 10 октября 2024 г.

На **рис. 1** представлены исследовательские категории, в которых было опубликовано больше всего работ, связанных с Индустрией 6.0. Видно, что наибольшее количество публикаций приходится на области информационных и вычислительных наук, инженерии, а также бизнеса и управления.

На **рис. 2** показана динамика публикаций по годам, где отчетливо прослеживается стремительный рост интереса к данной теме, особенно начиная с 2022 г. при пике в 2024 г.

Рис. 3 демонстрирует рост количества цитирований этих публикаций, что подтверждает возрастание внимания со стороны научного сообщества к концепции Индустрии 6.0.

На **рис. 4** представлен анализ соавторства ученых, который выявил основные исследовательские сети, занимающиеся данной проблематикой.

⁵ Указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542> (дата обращения: 18.10.2024).

⁶ Указ Президента РФ от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358> (дата обращения: 18.10.2024).

⁷ Распоряжение Правительства РФ от 20.05.2023 № 1315-р «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1301657597> (дата обращения: 18.10.2024).

⁸ Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 (ред. от 15.02.2024) «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»). Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/ukaz-prezidenta-rf-ot-10102019-n-490-o-razviti/> (дата обращения: 18.10.2024).

⁹ Перечень поручений по реализации Послания Президента Федеральному Собранию. 30 марта 2024 г. Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/73759> (дата обращения: 18.10.2024).

¹⁰ Развитие новых высокотехнологичных отраслей. Департамент стратегического развития и инноваций. Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/departments/d01/razvitiye_novykh_vysokotekhnologichnykh_otrasley/ (дата обращения: 18.10.2024).



Рис. 1. Исследовательские категории

Источник: экспортировано из Dimensions 10 октября 2024 г., критерии: «Индустрия 6.0» в названии и аннотации.
Режим доступа: <https://app.dimensions.ai>

Fig. 1. Research categories

Source: exported from Dimensions in October 10, 2024, criteria: "Industry 6.0" in the title and abstract.
Available at: <https://app.dimensions.ai>

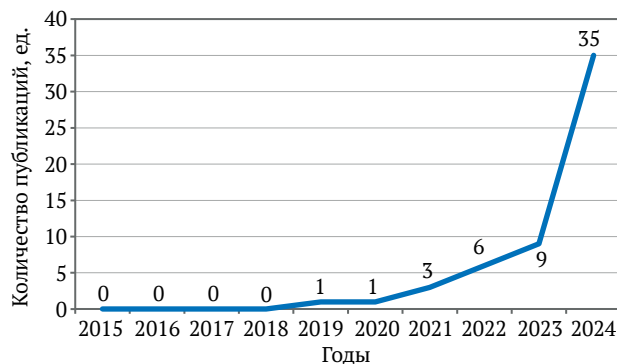


Рис. 2. Общее количество публикаций по годам

Источник: экспортировано: 10 октября 2024 г., критерии: «Индустрия 6.0» в названии и аннотации.
Режим доступа: <https://app.dimensions.ai>

Fig. 2. Total number of publications by year

Source: exported: October 10, 2024, criteria: "Industry 6.0" in the title and abstract.
Available at: <https://app.dimensions.ai>

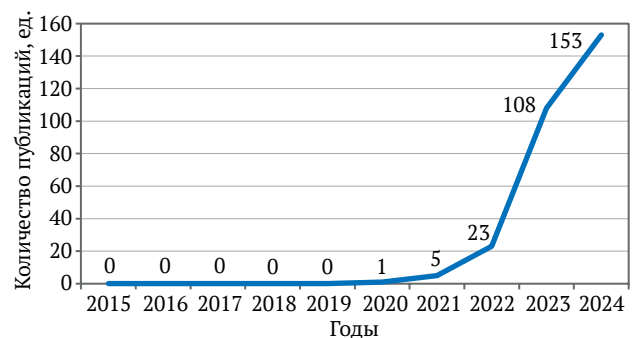


Рис. 3. Цитирование публикаций в БД Dimensions

Источник: экспортировано: 10 октября 2024 г., критерии: «Индустрия 6.0» в названии и аннотации.
Режим доступа: <https://app.dimensions.ai>

Fig. 3. Citations of publications by other publications in the Dimensions database

Source: exported: October 10, 2024, criteria: "Industry 6.0" in the title and abstract.
Available at: <https://app.dimensions.ai>

Окончательная выборка для анализа составила 52 публикации. Далее каждый из этих источников был проанализирован с использованием модели генеративного интеллекта ChatGPT 4.0.

Результаты анализа позволили выделить следующие исследовательские проекции, связанные с Индустрией 6.0:

1. Интеллектуальная автоматизация и производственные системы в Индустрии 6.0 – исследования, нацеленные на автоматизацию и улучшение

производственных процессов с применением ИИ, создание автономных систем¹¹ для «умных» фабрик и роботизированных линий (табл. 1).

¹¹ В данном контексте автономные системы – это комбинированные системы, которые достигают определенных целей без вмешательства человека. Они используют различные методы ИИ для выявления закономерностей в окружающей среде, принятия решений, выполнения последовательности действий и генерации результатов (прим. авт.).

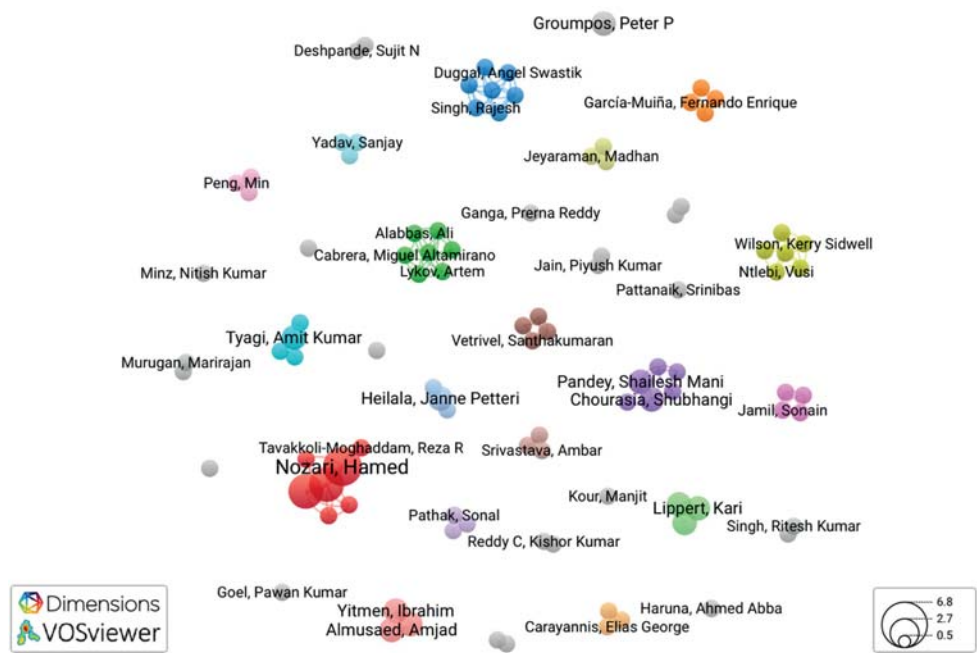


Рис. 4. Анализ исследовательских сетей и соавторства
(родство исследователей определяется по количеству их публикаций в соавторстве)
Источник: экспортировано: 10 октября 2024 г., критерии: «Индустрия 6.0» в названии и аннотации, исследователи: 119 чел.; ссылки на соавторство: 195; всего соавторств: 211; кластеры: 38.
Режим доступа: <https://app.dimensions.ai>

Fig. 4. Analysis of research networks and co-authorship
(the relationship of researchers is determined by the number of their publications in co-authorship)
Source: exported: 10 October 2024, criteria: “Industry 6.0” in title and abstract, researchers: 119, co-authorship references: 195, total co-authorships: 211, clusters: 38. Available at: <https://app.dimensions.ai>

Таблица 1 / Table 1

Интеллектуальная автоматизация и производственные системы в Индустрии 6.0
Intelligent automation and manufacturing systems in Industry 6.0

Источник	Определение	Ключевые технологии	Отличия
[13]	Индустрия 6.0 рассматривается как переход к более комплексной и технологически ориентированной инновационной модели с использованием ИИ	ИИ, квантовая обработка данных, цифровая трансформация	В отличие от предыдущих индустрий, Индустрия 6.0 ориентируется на симбиоз технологий и человеческих ценностей, с акцентом на общественные интересы и стратегическое управление
[15]	Индустрия 6.0 представляет полностью автоматизированную производственную систему, основанную на генеративном ИИ и рое разнородных роботов	Генеративный ИИ, рой гетерогенных роботов, манипуляторы, дроны, 3D-принтеры	Полностью автономные производственные процессы, минимальное участие человека, использование генеративного ИИ для проектирования и сборки продуктов, что отличает ее от предыдущих индустрий, полагавшихся на человеческую экспертизу
[24]	Индустрия 6.0 представляет собой эволюцию «умных фабрик», ориентированных на максимизацию эффективности, гибкости и адаптивности производства	ИИ, Интернет вещей (IoT), цифровые двойники, умная автоматизация	Более высокая степень интеграции (конвергенции*) автоматизированных систем, улучшенная адаптивность и персонализация производственных процессов

* В данном контексте интеграцией является объединение различных инфраструктурных сервисов и элементов на простейшем, горизонтальном уровне (например, с использованием кабелей CAT5 или Ethernet). В конвергентной системе обмен данными осуществляется как на горизонтальном, так и на вертикальном уровне – автономные элементы интегрированной системы объединяются с помощью единой коммуникационно-цифровой платформы (прим. авт.).

Окончание табл. 1 / End of Table 1

Источник	Определение	Ключевые технологии	Отличия
[25]	Полностью автономное производство, ориентированное на устранение человеческого фактора и массовую кастомизацию	ИИ, IoT, кибербезопасность, автономное производство	Полная автономия без участия человека, акцент на персонализацию и автоматизацию на основе интеллектуальных систем
[26]	Продвинутые бизнесы в условиях Индустрии 6.0 фокусируются на ультраумных концепциях для повышения эффективности и взаимодействия в различных отраслях	«Умные» фабрики, интеллектуальные цепочки поставок, суперумные предприятия	Усиленное использование смарт-технологий в бизнесе, упор на оптимизацию процессов и глобальные цепочки поставок
[27]	Индустрия 6.0 строится на основах автоматизации промышленных систем с учетом возможных будущих пандемий, использованием технологий IoT и ИИ	IoT, промышленные протоколы MQTT и CoAP, глубокое обучение, автоматизация	Переход к полностью автоматизированным производственным системам, где работа контролируется удаленно, минимизируя взаимодействие человека и машины, с повышенным уровнем безопасности благодаря ИИ
[28]	Индустрия 6.0 основана на применении ИИ и IoT	ИИ, IoT, цифровые двойники, обработка данных на краю (Edge Computing)	Углубленная интеграция (конвергенция) цифровых двойников и IoT для улучшения устойчивости производства, повышение автоматизации процессов и мониторинга в реальном времени
[29]	Индустрия 6.0 определяет новую парадигму слияния ИИ и машинного обучения для адаптивных промышленных процессов	ИИ, машинное обучение, предсказательное обслуживание, персонализированное производство	Углубленная интеграция (конвергенция) ИИ и машинного обучения для адаптивных процессов и персонализированного производства, акцент на этические вопросы и необходимость рескиллинга сотрудников
[30]	Индустрия 6.0 основана на синергии ИИ, IoT и анализа данных для оптимизации процессов и повышения производительности	ИИ, промышленный Интернет-вещей (IIoT), анализ данных, предиктивная аналитика	Тесная интеграция IoT и ИИ для повышения производственной эффективности, усиленное использование больших данных и предиктивной аналитики, что отличает от более традиционных подходов
[31]	Индустрия 6.0 представляет собой следующую ступень индустриальной автоматизации, опирающуюся на ИИ, квантовые вычисления и нанотехнологии для создания полностью автономных систем	ИИ, киберфизические системы, квантовые вычисления, нанотехнологии	Интеграция квантовых вычислений и ИИ для создания автономных систем, что отличает ее от предыдущих индустрий, использовавших более простые цифровые и автоматизационные технологии
[32]	Индустрия 6.0 фокусируется на переходе от традиционных к интеллектуальным компаниям через интеграцию данных и технологий	ИИ, IoT, машинное обучение, глубокое обучение, умные системы и автоматизация	Интеграция умных систем и IoT для достижения устойчивого роста и экологичной индустриализации, акцент на человекоориентированную технологию и использование интеллектуальных систем
[33]	Индустрия 6.0 связана с интеграцией ИИ в производственные процессы, направленные на адаптивное производство и предсказательное обслуживание	ИИ, прогнозирование, оптимизация качества, автономные системы	Индустрия 6.0 ставит на первое место использование ИИ и автономных систем для повышения производительности, в отличие от предыдущих этапов, ориентированных на автоматизацию и цифровизацию

Таблица 2 / Table 2

Устойчивое развитие и «зеленые» технологии в Индустрии 6.0
Sustainability and green technologies in Industry 6.0

Источник	Определение	Ключевые технологии	Отличия
[34]	Индустрия 6.0 в области борьбы с изменением климата использует интеллектуальные системы для смягчения последствий и адаптации к изменению климата	ИИ, прогнозирование рисков, модели климатических сценариев, автоматизированные стратегии адаптации	Интеграция интеллектуальных систем для устойчивости к изменению климата, акцент на моделировании и адаптации на основе данных, направленная на поддержку глобальных стратегий устойчивого развития
[35]	Индустрия 6.0 использует стратегический взгляд геоантропологии для достижения системной устойчивости, рассматривая взаимодействие между природой и производством	Цифровизация, инновации, системная устойчивость, геоантропологический анализ	Геоантропологический подход к производственным процессам, внимание к устойчивости и балансу между потреблением ресурсов и экологической безопасностью, в отличие от предыдущих индустриальных этапов
[36]	Индустрия 6.0 направлена на устойчивое будущее через интеграцию новых технологий для повышения эффективности и уменьшения воздействия на окружающую среду	Цифровизация, автоматизация, устойчивость производства	Индустрия 6.0 уделяет большое внимание экологической устойчивости, что отличается от предыдущих этапов, сосредоточенных на чисто экономических и производственных факторах
[37]	Индустрия 6.0 направлена на создание умных и устойчивых построек, используя цифровые технологии и экологические подходы	Большие данные, IoT, коллаборативные роботы, кибербезопасность	Углубленная интеграция (конвергенция) технологий для повышения устойчивости и экологической эффективности строительства, фокус на взаимодействие между людьми и роботизированными системами
[38]	Рост выбросов парниковых газов в малых государствах, как важный фактор в Индустрии 6.0, требует внимания к устойчивому развитию энергетического сектора	Умные энергетические системы, управление выбросами, климатические технологии	Индустрия 6.0 отличается от предыдущих этапов тем, что акцентируется на устойчивом развитии и снижении углеродного следа, особенно в малых государствах и развивающихся странах
[39]	Индустрия 6.0 ориентирована на глобальную устойчивость и интеграцию новых технологий для решения экологических проблем	Массовая персонализация, нулевая ошибка производства, антихрупкость, виртуальный цифровой двойник	Акцент на глобальной устойчивости, технологии направлены на минимизацию экологического ущерба и оптимизацию процессов с помощью ИИ
[40]	Индустрия 6.0 фокусируется на устойчивом инновационном развитии с применением новейших технологий для бизнеса	«Зеленые» технологии, устойчивое развитие, управление инновациями	Интеграция устойчивого развития и экологических стандартов в бизнес-практики с использованием ИИ и IoT
[41]	Индустрия 6.0 включает инновационные методологии проектирования для оптимизации производственных процессов на европейском уровне	Аксиоматический дизайн, цепочки поставок, модели выбора поставщиков, устойчивые стратегии	Использование более сложных многоуровневых моделей для оптимизации производственных и управленческих процессов на основе устойчивых стратегий
[42]	Индустрия 6.0 является ответом на вызовы пандемии COVID-19 и ориентируется на устойчивое производство с использованием ИИ и IIoT	ИИ, IIoT, персонализация производства	Использование передовых технологий, таких как ИИ и IIoT для создания более устойчивой и адаптивной среды производства
[43]	Индустрия 6.0 и смарт-банкинг направлены на устойчивую революцию, сочетая технологии и финансы для достижения «зеленого» развития	Смарт-банкинг, «зеленые» технологии, устойчивость	Акцент на интеграцию устойчивых технологий в финансовую систему, что позволяет достичь экологических целей и улучшить управление данными в рамках умного банкинга

2. Устойчивое развитие и «зеленые» технологии в контексте Индустрии 6.0 – исследования, акцентирующие внимание на экологической устойчивости, интеграции «зеленых» технологий и снижении негативного воздействия на окружающую среду, экологически чистых производственных процессах (табл. 2).

3. Человеко-машинное взаимодействие, этика и эмоциональный интеллект в Индустрии 6.0 – исследования, направленные на изучение взаимодействия человека и машины, использование эмоционального интеллекта и гуманизацию технологий, создание симбиотических систем (табл. 3).

4. Информационные технологии и кибербезопасность в Индустрии 6.0: исследования, которые рассматривают вопросы кибербезопасности, защиты данных и цифровизации, обеспечения безопасности и эффективности в условиях цифровой трансформации (табл. 4).

5. Машинное обучение и ИИ в различных секторах Индустрии 6.0 – исследования, направленные на применение ИИ и машинного обучения в различных отраслях, таких как финансы, здравоохранение, маркетинг и др. (табл. 5).

6. Управление человеческими ресурсами и организационные изменения в Индустрии 6.0 – исследования, посвященные цифровизации процессов управления человеческими ресурсами помощью ИИ, адаптации организаций к новым вызовам (табл. 6).

Результаты анализа шести исследовательских проекций к Индустрии 6.0 выявляют ключевые научные тренды, касающиеся внедрения новых технологий, экологической устойчивости и трансформации взаимодействия человека и машин в контексте интеллектуально-технологической иммерсивной гиперсвязанности.

Таблица 3 / Table 3

Человеко-машинное взаимодействие, этика и эмоциональный интеллект в Индустрии 6.0

Human-machine interaction, ethics and emotional intelligence in Industry 6.0

Источник	Определение	Ключевые технологии	Отличия
[44]	Индустрия 6.0 ориентирована на человеко-машинный симбиоз и гуманизацию технологий	Управление и автоматизация, симбиотические технологии, устойчивые модели экономики	Более глубокая интеграция (конвергенция) гуманизированных технологий, акцент на устойчивости и автоматизации для благосостояния всех форм жизни
[45]	Индустрия 6.0 основывается на концепции этического ИИ, направленного на глобальную культурную когерентность и моральную ответственность	Этический ИИ, когнитивная революция, глобальная культурная когерентность, нео-Аристотелевская добродетельная этика	Акцент на этическом ИИ и мудрости, направленных на глобальную когерентность и моральную устойчивость
[46]	Индустрия 6.0 в метавселенной сосредоточена на интеграции ИИ и человеко-машинных систем для создания нового уровня производственной кооперации	ИИ, метавселенная, человеко-машинные системы, когнитивная дополненная реальность, высокочастотные устройства	Глубокая интеграция (конвергенция) ИИ и человеческого поведения в производственные процессы, использование метавселенной и дополненной реальности для повышения производственной эффективности и безопасности
[47]	Индустрия 6.0 использует эмоциональный интеллект для усиления сотрудничества между человеком и машиной, создавая новые возможности для креативности и синергии	Эмоциональный интеллект, человеко-машинное взаимодействие, принятие решений на основе ИИ	Упор на использование эмоционального интеллекта для улучшения взаимодействия между человеком и машиной, что отличает ее от предыдущих индустрий, сосредоточенных на механической автоматизации и роботизации
[48]	Индустрия 6.0 рассматривается через призму влияния на малые и средние предприятия (МСП) в сфере услуг, с акцентом на эмоциональный интеллект и автономные системы	Автономные роботы, цифровые двойники, эмоциональный интеллект, автоматизация	Внедрение полного автономного управления и эмоционального интеллекта для повышения производительности МСП, что отличает ее от предыдущих индустриальных этапов, ориентированных на частичную автоматизацию
[49]	Индустрия 6.0 рассматривается как эволюция промышленности, обеспечивающая синергию между человеком и роботами для глобального прогресса	Квантовые вычисления, ИИ, машинное обучение, облачные технологии, квантовые искусственные вычисления	Более глубокая интеграция (конвергенция) ИИ, квантовых технологий и облачных вычислений, акцент на автоматизацию и взаимодействие человека и робота для устойчивого развития

Таблица 4 / Table 4

Информационные технологии и кибербезопасность в Индустрии 6.0
Information technology and cybersecurity in Industry 6.0

Источник	Определение	Ключевые технологии	Отличия
[50]	Шестая индустриальная революция строится на междисциплинарной интеграции и использовании новых технологий для повышения глобальной устойчивости	Дополненная реальность, ИИ, IoT, кибербезопасность	Большая междисциплинарность, акцент на глобальной устойчивости, использование передовых технологий для повышения безопасности и интеграции
[51]	Индустрия 6.0 с использованием IoT и технологий 6G для оптимизации промышленных процессов в условиях чрезвычайных ситуаций	IoT, ИИ, машинное обучение, технологии 6G, системы агрегации данных	Интеграция IoT и 6G для поддержки высококачественных услуг в условиях катастроф, что отличает ее от предыдущих индустрий, которые не учитывали такие сценарии в своих моделях производства и управления
[52]	Обучение использования приложений для продвижения продуктов в целях улучшения продаж в эпоху умной Индустрии 6.0	Умные технологии, Canva, цифровизация промокампаний	Внедрение цифровых инструментов для улучшения маркетинга и продвижения товаров, что отличает ее от предыдущих индустрий, где акцент был на офлайн-продвижении продуктов
[53]	Применение сетей с интеллектуальными поверхностями (RIS – Reconfigurable Intelligent Surface) для улучшения распределения ресурсов в сценариях Индустрии 6.0	RIS, оптимизация каналов, алгоритмы распределения ресурсов, улучшение качества обслуживания	Требуется более сложных алгоритмов распределения ресурсов и адаптации к новым условиям сетей связи с высокими требованиями по пропускной способности
[54]	Индустрия 6.0 фокусируется на передовых испытаниях автономных транспортных средств, используя закрытые социотехнические среды (CSES) для повышения безопасности и доверия	Нечеткий аналитический процесс иерархии (Fuzzy AHP), автономные транспортные средства, CSES	Создание передовых испытательных сред и укрепление доверия для автономных транспортных средств, отличающихся от чисто производственных отраслей

Таблица 5 / Table 5

Машинное обучение и ИИ в различных секторах Индустрии 6.0
Machine Learning and AI in Various Sectors of Industry 6.0

Источник	Определение	Ключевые технологии	Отличия
[55]	Индустрия 6.0 в аэрокосмической отрасли ориентирована на адаптивные структуры, которые могут изменяться в ответ на меняющиеся условия	Машинное обучение, адаптивные структуры, оптимизация аэродинамики, алгоритмы глубокого обучения	Фокус на интеграцию машинного обучения для повышения производительности и адаптивности структур, применение в реальных условиях, оптимизация через алгоритмы CNN
[56]	Индустрия 6.0 в банковской сфере направлена на создание инклюзивных и устойчивых решений через вовлечение сообщества и сотрудничество со стейкхолдерами	Цифровизация, устойчивость, вовлечение стейкхолдеров, социальная и экологическая ответственность	Переход к устойчивому и инклюзивному банковскому обслуживанию с акцентом на сотрудничество, вовлечение стейкхолдеров и долгосрочную жизнеспособность
[57]	Индустрия 6.0 в маркетинге характеризуется экстремальной ориентацией на потребителя, основанной на данных и ИИ	ИИ, анализ данных, автоматизация маркетинга, персонализация	Акцент на превосходную клиентскую ориентацию, автоматизацию маркетинга с использованием ИИ и данных, что отличает от предыдущих этапов маркетинга, где технология играла менее значимую роль
[58]	Индустрия 6.0 в маркетинге основана на использовании ИИ для создания виртуальных инфлюенсеров	ИИ, виртуальные инфлюенсеры, персонализированные маркетинговые кампании	Полная автоматизация маркетинга и замена традиционных методов продвижения виртуальными инфлюенсерами, усиление персонализации и снижения затрат

Окончание табл. 5 / End of Table 5

Источник	Определение	Ключевые технологии	Отличия
[59]	Индустрия 6.0 в финансовом секторе предполагает виртуальное и искусственное управление и аудиторский контроль	ИИ, блокчейн, удаленные аудиторские системы, машинное обучение	Фокус на виртуальное управление и контроль, с внедрением ИИ для управления рисками и улучшения корпоративного управления через блокчейн и глубокое обучение
[60]	Индустрия 6.0 в сельском хозяйстве нацелена на создание «зеленых» и устойчивых цепочек поставок с использованием ИИ и IoT	ИИ, IoT, оптимизация энергетического потребления, снижение выбросов, устойчивость сельского хозяйства	Упор на устойчивое управление аграрными процессами с использованием передовых технологий, что отличает от предыдущих подходов к сельскому хозяйству, ориентированных на увеличение объема производства
[61]	Индустрия 6.0 в здравоохранении представляет концепцию Hospital 6.0, ориентированную на интеллектуализацию и технологическую модернизацию больниц для повышения доверия и улучшения взаимодействия с пациентами	Интеллектуальные больницы, цифровизация логистики, умные процессы, инфраструктурные решения	Включение умных технологий и автоматизации в систему здравоохранения, что отличает от более ранних индустриальных революций акцентом на пациенто-центричность и технологическую модернизацию больниц
[62]	Индустрия 6.0 в ортопедии рассматривает применение технологий для улучшения персонализированной медицины и повышения качества жизни пациентов	Интеграция ИИ с человеческим интеллектом, умные технологии для диагностики, персонализированные имплантаты и протезы	Углубленная персонализация и кастомизация продуктов, ориентация на улучшение взаимодействия человека и ИИ, что отличает ее от предыдущих индустриальных этапов, акцентированных на автоматизации и роботизации
[63]	Индустрия 6.0 в транспортных системах исследует внедрение автономных транспортных средств с использованием симуляций и моделирования	Автономные транспортные средства, водородные технологии, беспроводная передача энергии	Применение новых технологий, таких как беспроводная передача энергии и автономные системы управления транспортом, делает ее отличной от предыдущих революций, ориентированных на электрические и гибридные системы
[64]	Маркетинг 6.0 является частью Индустрии 6.0, которая преобразует подходы к маркетингу и бизнесу с использованием смарт-технологий для улучшения деятельности участников цепочки поставок, маркетологов и клиентов	Смарт-технологии, цифровизация, персонализация маркетинговых стратегий	Повышение удобства в доступе к услугам для потребителей и участников бизнеса, увеличение персонализации и автоматизации процессов, акцент на интеграции цифровых решений в маркетинг
[65]	Метрология в Индустрии 6.0 становится важным компонентом для поддержки устойчивого развития и «зеленых» технологий	Метрология, «зеленые» технологии, виртуальные двойники, цифровизация	Интеграция метрологии для содействия устойчивому развитию, поддержка принципов устойчивости и включение «зеленых» технологий, что отличает ее от предыдущих этапов индустриализации, акцентированных на производительность
[66]	В Индустрии 6.0 новые подходы к управлению цепями поставок включают оптимизацию политик заказа для снижения эффекта «кнута»	Оптимизация управления цепями поставок, новые алгоритмы прогнозирования спроса, интеллектуальные системы	Применение интеллектуальных систем для снижения эффекта «кнута», что отличает ее от предыдущих индустрий, где прогнозирование спроса приводило к сбоям и нестабильности в цепях поставок
[67]	Индустрия 6.0 в финансовой системе включает в себя критерии безопасности и защиты для обеспечения устойчивого и безопасного функционирования финансовых операций	Кибербезопасность, защита данных, безопасность банковских систем, предотвращение финансовых преступлений	Финансовая система Индустрии 6.0 основана на углубленной интеграции (конвергенции) технологий безопасности и защиты данных для предотвращения киберугроз
[68]	Технологические инновации, направленные на цифровизацию бухгалтерского учета и финансов с помощью ИИ, блокчейна, аналитики данных и автоматизации	ИИ, блокчейн, аналитика данных, роботизированная автоматизация процессов, виртуальная реальность	Применение ИИ и передовых технологий в непроизводственных областях, таких как бухгалтерский учет

В рамках *первой исследовательской проекции*, посвященной интеллектуальной автоматизации (см. табл. 1), ученые дискутируют о возможностях создания практически полностью автономных систем, основанных на ИИ. Акцент делается на минимизации человеческого участия и внедрении самоуправляемых производственных процессов с функцией непрерывного обучения. Подчеркивается важность ультраперсонализированного производства, где размер партии может быть равен единице, но при этом оставаться экономически и экологически оправданным. Дискуссия также охватывает перспективы использования квантовых вычислений, предиктивного управления и самовосстановления производственных процессов.

Второе направление – устойчивое развитие и «зеленые» технологии (см. табл. 2) – посвящено на достижение глобальной экологической устойчивости через использование интеллектуальных систем. Основная дилемма заключается в создании устойчивых моделей экономики, в которых биосфера и техносфера могут сосуществовать в гармоничной коэволюции. Некоторые ученые предлагают геоантропологический подход к индустриализации, ориентированный на баланс между природой и производственными процес-

сами. Другие акцентируют внимание на применении ИИ для моделирования и предсказания климатических изменений.

Третье направление – человеко-машинное взаимодействие, этика и эмоциональный интеллект (см. табл. 3) – отражает важность симбиотического взаимодействия между человеком и машинами, в котором технологии не только автоматизируют процессы, но и гуманизируются. Дискуссия фокусируется на применении эмоционального интеллекта для улучшения симбиотических систем, обеспечивающих когнитивное и физическое слияние виртуальных, а также цифровых двойников машин и человека. Этические проблемы затрагивают вопросы сохранения человеческих функций в условиях растущей автоматизации.

Четвертое направление, касающееся информационных технологий и кибербезопасности (см. табл. 4), охватывает вызовы, связанные с защитой данных и обеспечением безопасности гиперсвязанных иммерсивных систем. В условиях глобальной цифровой трансформации ученые обсуждают эффективность современных кибербезопасных решений и их способность защищать интеллектуально-технологически насыщенные системы Индустрии 6.0 от новых угроз.

Таблица 6 / Table 6

Управление человеческими ресурсами и организационные изменения в Индустрии 6.0

Human resource management and organizational change in Industry 6.0

Источник	Определение	Ключевые технологии	Отличия
[14]	Переход к Индустрии 6.0 требует сбалансированного подхода между человеческими и технологическими аспектами для устойчивого развития	Человеко-технологический баланс, инновации, устойчивость	В отличие от Индустрии 4.0, которая была более технологически ориентированной, Индустрия 6.0 стремится к более интегрированной модели, где технологии служат для улучшения человеческого благополучия
[69]	Индустрия 6.0 в образовании требует адаптации педагогики и учебных программ к новым технологическим вызовам и требованиям рынка труда	Образовательные технологии, междисциплинарный подход, подготовка кадров, цифровизация учебных процессов	Адаптация образовательных программ к требованиям рынка труда Индустрии 6.0, акцент на новых технологиях и междисциплинарных подходах
[70]	Развитие человеческого потенциала через инклюзию и диверсификацию труда становится критически важным в Индустрии 6.0	Диверсификация труда, инклюзивные практики, инновации	Усиление внимания к человеческому капиталу и созданию условий для инклюзивных и разнообразных рабочих мест, чего не было в предыдущих индустриях, ориентированных на механизацию и автоматизацию
[71]	Индустрия 6.0 включает использование ИИ для управления человеческими ресурсами и организационными процессами	ИИ, управление проектами, облачные вычисления, автоматизация процессов управления персоналом	Акцент сделан на риски и возможности ИИ в управлении человеческими ресурсами, автономизацию управления
[72]	Взаимодействие стратегического управления человеческими ресурсами и устойчивой инновации в рамках Индустрии 6.0	Стратегическое управление HR, устойчивое развитие, инновации, интеграция технологий	Индустрия 6.0 подчеркивает необходимость стратегического подхода к HR в сочетании с инновациями для долгосрочного промышленного развития



а



б



в

Рис. 5. Индустрия 6.0 как автономное интеллектуальное производство:
а – Getty [21]; б – [73]; в – [74]

Fig. 5. Industry 6.0 as an autonomous intelligent production: (a) Getty [21]; (б) [73]; (в) [74]

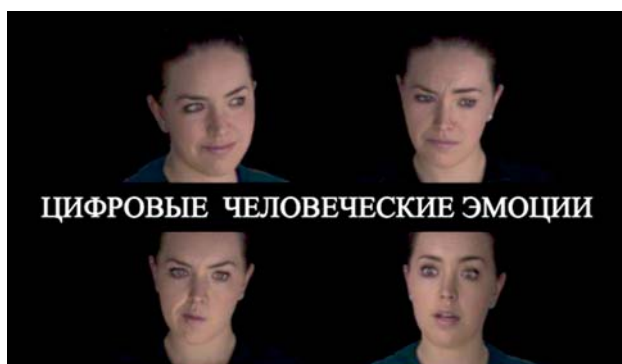


Рис. 6. Цифровые человеческие эмоции [75]

Fig. 6. Digital human emotions [75]

Пятое направление исследует трансформацию отраслей под влиянием ИИ и машинного обучения (см. табл. 5). Особое внимание уделяется адаптивным системам, применяющимся в таких секторах, как финансы, здравоохранение и транспорт, где ИИ не только оптимизирует процессы, но и предсказывает их развитие.

Шестое направление – управление человеческими ресурсами и организационные изменения (см. табл. 6) – рассматривает цифровизацию HR-процессов и их адаптацию к вызовам Индустрии 6.0. Ученые обсуждают, как ИИ может изменить традиционные подходы к управлению персоналом. Однако вопросы о том, насколько это повлияет на долгосрочные стратегии компаний и заменит ли ИИ человеческий фактор, остаются предметом дискуссий.

Таким образом, Индустрия 6.0 выходит за пределы традиционных технологических революций, представляя собой «новое поколение промышленности, управляемое генеративным ИИ и роем гетерогенных роботов» [15], и объединяет широкий спектр передовых технологий и инновационных подходов (рис. 5).

Эмоционально-интеллектуальные квантовые экосистемы, являющиеся объектами Индустрии 6.0, включают в себя когнитивные функции ИИ, способного распознавать, интерпретировать и взаимодействовать с человеческими эмоциями, обеспечивая симбиотические и адаптивные решения (рис. 6). Этот подход формирует основу для авторского видения Индустрии 6.0.

Авторское видение Индустрии 6.0

Индустрия 6.0 представляет собой качественно новую фазу промышленного развития, характеризующуюся *вездесущей интеллектуально-технологической иммерсивной гиперсвязанностью и физико-когнитивно-эмоциональным слиянием виртуальных двойников человека и машины* в рамках симбиотического взаимодействия.

Объектом Индустрии 6.0 выступают эмоционально-интеллектуальные квантовые экосистемы с многоуровневой (XD) симметрией, функциями самонастройки и предсказательного управления, способными к непрерывному обучению и оптимизации.

Целью Индустрии 6.0 является создание на микроуровне ультраумной Фабрики 6.0, а на макроуровне – новой формы симбиотической интеллектуальной экономики, где биосфера и техносфера сосуществуют в гармоничной коэволюции (рис. 7).

В отличие от Индустрии 4.0, ориентированной на технологическую революцию и автоматизацию, и Индустрии 5.0, фокусирующейся на человекоцентричности и устойчивом развитии, Индустрия 6.0 направлена на глобальную экологическую устойчивость и интеллектуальную трансформацию. Ее ключевыми характеристика-

ми являются ультраперсонализированное производство, массовое создание ценностей и дизайн квантово-интеллектуальных экосистем с многоуровневой симметрией, обеспечивающей самонастройку и предсказательное управление (рис. 8).

Ключевые технологии Индустрии 6.0 представлены на рис. 9.

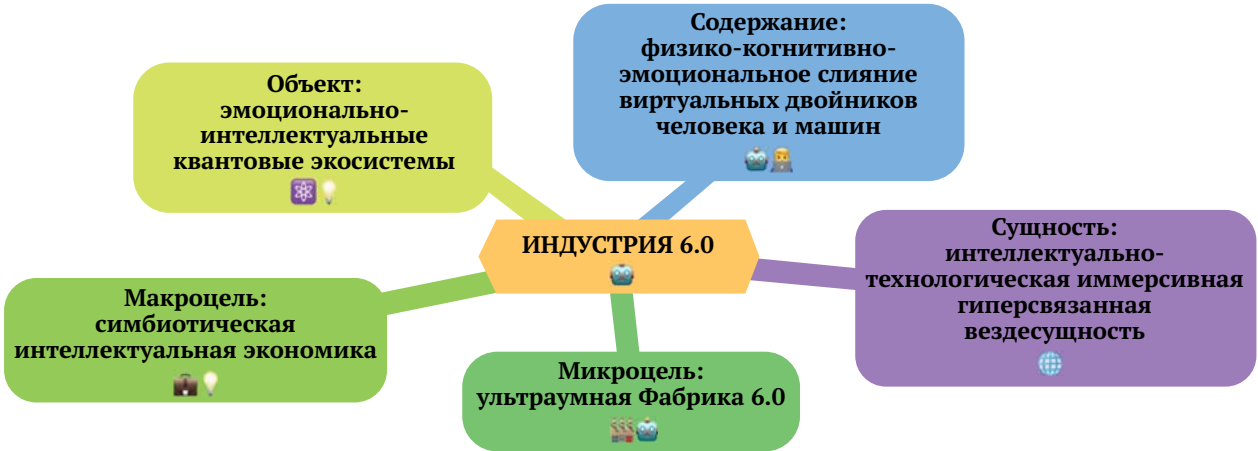


Рис. 7. Концептуальный абрис Индустрии 6.0

Fig. 7. Conceptual outline of Industry 6.0

Индустрия 4.0

- Технологическая революция
- Отношения между человеком и машиной как конкуренция
- Должна повысить производительности и конкурентоспособность промышленности
- Массовое производство
- Киберфизические системы с переходом в киберфизические производственные экосистемы
- Дизайн киберпромышленной производственной экосистемы имеет двумерную (2D) симметрию
- Высокотехнологичная стратегия автоматизации производства для создания умных фабрик
- Фабрики будущего (цифровые, умные, виртуальные)
- Основные цели – экономический рост и научно-технологическое развитие, повышение конкурентоспособности, рост производительности труда

Индустрия 5.0

- Ценностная инициатива
- Отношения между человеком и машиной как сотрудничество
- Должна улучшить удобство и качество жизни
- Массовая кастомизация
- Интеллектуальные киберсоциальные экосистемы
- Дизайн интеллектуальной киберсоциальной экосистемы имеет трехмерную (3D) симметрию
- Демократичное совместное производство знаний из больших данных на основе новых концепций симметричных инноваций
- Синергетические социальные фабрики
- Ключевые ценности – человекоцентричность, устойчивость, резильентность

Индустрия 6.0

- Интеллектуально-технологически иммерсивная гиперсвязанная вездесущность
- Физико-когнитивно-эмоциональное слияние виртуальных двойников человека и машин
- Должна достичь глобальной экологической устойчивости и интеллектуальной трансформации
- Ультраперсонализированное производство
- Массовое создание ценностей
- Эмоционально-интеллектуальные квантовые экосистемы
- Дизайн квантово-интеллектуальных экосистем с XD симметрией
- Практически полностью автономные системы, основанные на ИИ
- Интеллектуальная (ультраумная) Фабрика 6.0
- Основная цель – создание новой формы симбиотической intelligence экономики

Рис. 8. Отличительные особенности Индустрии 6.0 в сравнении с Индустриями 4.0 и 5.0

Fig. 8. Distinctive features of Industry 6.0 in comparison with Industries 4.0 and 5.0

Технологии Индустрии 4.0	Технологии Индустрии 5.0	Технологии Индустрии 6.0
• Умная цепь поставок • Аддитивное производство • Большие данные • 4G • Облачные вычисления • Добыча данных • Киберфизическая система • Возобновляемая энергия • Автономное принятие решений • Массовая кастомизация • Возможность подключения оборудования • Модульность • Удаленная рабочая сила • Умные продукты • ИИ	• Цифровые двойники • Адаптивная умная фабрика • Коботы • Умные продукты • Виртуализация • Массовая персонализация • 5G • Биоэкономика • Футуристическое умное общество • Предотвращение образования отходов • Рабочая сила на месте • Интерактивные продукты • Отзывчивая и распределенная цепочка поставок • Совместный интеллект	• Виртуальные двойники (в том числе виртуальный двойник человека) • Эмоциональный интеллект машин • Генеративный интеллект • Параллельный интеллект • Гетерогенные роботы (в том числе человекоподобные) • Иммерсивность • Пространственные вычисления • Мультиагентные системы • 6G • Облачная возобновляемая энергия • Квантовые технологии • Когнитивные технологии • Антихрупкость • Зеленая устойчивость

Рис. 9. Технологии Индустрии 6.0 в сравнении с Индустрией 4.0/5.0

Источник: составлено авторами с использованием материалов [76]

Fig. 9. Industry 6.0 technologies compared to Industry 4.0/5.0

Source: compiled by the authors using materials from [76]

Цифровые двойники человека появились на кривой хайпа Gartner в 2020 г. (2020 – Digital Twin of Person; 2021 – Digital Humans; 2024 – Digital Twin of a Customer) [77]. Цифровой двойник клиента (Digital Twin of a Customer, DToC) – это динамическая виртуальная модель, созданная для моделирования поведения и предпочтений клиента. Такие модели предлагают компаниям более глубокие знания для персонализации взаимодействия, оптимизации услуг и предвосхищения потребностей [78]. В августе 2024 г. DToC находятся на стадии инновационного триггера с ожидаемым выходом на плато продуктивности в течение 5–10 лет¹². Этот тип цифровых двойников можно отнести к перцептивно-когнитивным моделям цифрового моделирования человека (табл. 7).

Цифровое моделирование человека существует достаточно давно (например, включенная в табл. 7 модель Jack разработана NASA еще в середине 1980-х гг. [80]). Трансформация цифровой модели в цифровой двойник человека представляет собой качественный технологический переход в рамках Индустрии 4.0/5.0 [86–88].

¹² Gartner 2024. Hype cycle for emerging technologies highlights developer productivity, total experience, AI and security. STAMFORD, Conn., August 21, 2024. Available at: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2024-08-21-gartner-2024-hype-cycle-for-emerging-technologies-highlights-developer-productivity-total-experience-ai-and-security> (accessed on 18.10.2024).

Компания Dassault Systèmes, являющаяся одним из мировых лидеров в цифровом моделировании и создании цифровых двойников, в том числе в промышленности, вышла за рамки технологии цифровых двойников на основе виртуальных двойников, отражающих новый уровень конвергенции и применения технологий. Виртуальный двойник, по определению Dassault Systèmes, – это «цифровая копия как самого продукта, так и его истории и эволюции»¹³ (рис. 10).

21 декабря 2023 г. одновременно торжественным открытием суперкомпьютера MareNostrum5 (MN5) в Испании Европейская комиссия объявила о начале реализации Европейской инициативы по созданию виртуальных человеческих двойников (Virtual Human Twins, VHTs)¹⁴. В рамках этой инициативы был узаконен Манифест о виртуальных человеческих двойниках¹⁵ в системе здравоохранения, подписанный более чем 75 ведущими заинтересованными организациями, представляющими широкую VHT-экосистему.

¹³ Virtual twin experiences. Dassault systèmes. Available at: <https://www.3ds.com/virtual-twin> (accessed on 18.10.2024).

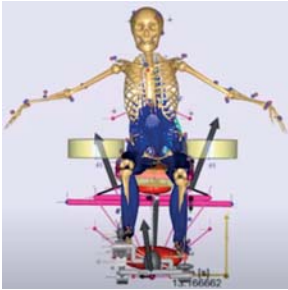
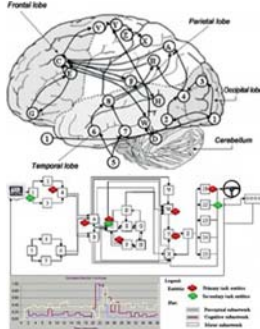
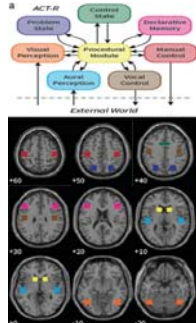
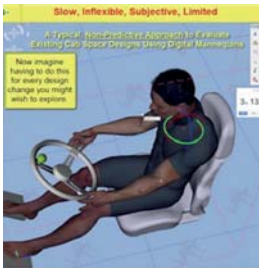
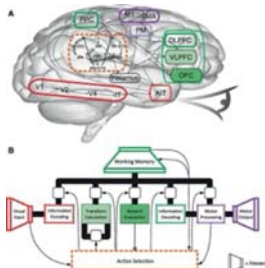
¹⁴ European virtual human twins initiative. European Commission. April 23, 2024. Available at: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/virtual-human-twins> (accessed on 18.10.2024).

¹⁵ Virtual human twins. Manifesto. A statement of intent on development, evidence, and adoption in healthcare systems. Available at: <https://www.virtualhumantwins.eu/manifesto> (accessed on 18.10.2024).

Таблица 7 / Table 7

Категории цифрового моделирования человека

Categories of digital human modeling

Категории	Антропометрические модели	Биомеханические модели	Перцептивно-когнитивные модели
Функции	Моделирование физических размеров тела	Моделирование опорно-двигательного аппарата	Моделирование когнитивного состояния и поведения при принятии решений
Применение	Дизайн изделий, рабочих мест, кабины пилота	Прогнозирование осанки, анализ походки и динамики	Прогнозирование когнитивного состояния и производительности
Инструменты	Jack [79]  Источник рисунка: [80]	AnyBody¹⁶  Источник рисунка: [81]	QN-MHP  Источник рисунков: [82]
	RAMSIS  Источник рисунка: ¹⁷	OpenSim¹⁸  Источник рисунка: [83]	ACT-R¹⁹  Источник рисунков: [84]
	Santos²⁰  Источник рисунка: ²¹	3D SSPP²²  Источник рисунка: ²³	Spaun  Источник рисунков: [85]

Источник: составлено авторами на основе материалов [77; 80]
Source: compiled by the authors based on [77; 80]

¹⁶ Who is AnyBody Technology? Available at: <https://www.anybodytech.com> (accessed on 18.10.2024).
¹⁷ RAMSIS. Available at: <https://www.human-solutions.com/en/products/ramsis-general/index.html> (accessed on 18.10.2024).
¹⁸ OpenSim community. Available at: <https://opensim.stanford.edu> (accessed on 18.10.2024).
¹⁹ ACT-R. Available at: <http://act.psy.cmu.edu> (accessed on 18.10.2024).
²⁰ SantosHuman. Available at: <https://www.santoshumaninc.com> (accessed on 18.10.2024).

²¹ Beck S. Video demo: What's the difference between a predictive human model and a traditional digital human? April 15, 2019. Available at: <https://www.santoshumaninc.com/2019/04/15/video-demo-whats-the-difference-between-a-predictive-human-model-and-a-traditional-digital-human/> (accessed on 18.10.2024).
²² 3DSSPP Software. Available at: <https://c4e.engin.umich.edu/tools-services/3dsspp-software/> (accessed on 18.10.2024).
²³ Limb angle changes. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=dIvsNVh0zFc>; <https://i.ytimg.com/vi/dIvsNVh0zFc/maxresdefault.jpg> (accessed on 18.10.2024).

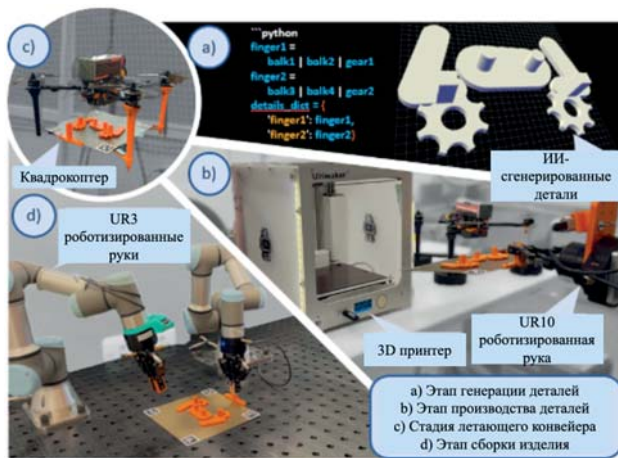


Рис. 10. Виртуальный двойник для промышленности

Источник: Dassault Systèmes

Fig. 10. Virtual twin for industry

Source: Dassault Systèmes



a



Эндоскопический бот

Дезинфицирующий бот



Фармабот

Антибактериальные наноботы

b

Рис. 11. Визуализация технологий Индустрии 6.0

Источник: а – [15]; б – [25]

Fig. 11. Visualization of Industry 6.0 technologies

Source: (a) [15]; (b) [25]

Гуманоидные рабочие роботы имитируют человеческое тело и управляются мозгом с поддержкой ИИ. Следующее поколение гуманоидных рабочих роботов будет сочетать сенсорное восприятие с мобильными манипуляциями и динамической подвижностью для выполнения продуктивной работы, которая раньше была уделом биологических людей [78].

Пространственные вычисления объединяют физическую и цифровую среду, позволяя пользователям взаимодействовать с цифровым контентом в трехмерном пространстве [78].

Поколение 6G – это следующее поколение беспроводных технологий, развивающееся после 5G и обещающее сверхвысокие скорости, низкие задержки и расширенные возможности подключения для таких передовых приложений, как иммерсивные AR/VR и взаимодействие с ИИ в реальном времени [78].

На основе представленного сравнения технологий Индустрий 4.0, 5.0 и 6.0 можно сделать вывод, что эволюция промышленных технологий идет в направлении все большей интеграции (иммерсивной конвергенции) человека и машины [89], увеличения интеллектуальной и когнитивной составляющей [90], а также усиления экологической и социальной ответственности. В Индустрии 6.0 наблюдается переход от «умных» фабрик и продуктов к созданию симбиотических систем, где взаимодействие с человеком и окружающей средой выходит на новый уровень благодаря квантовым, когнитивным и мультиагентным технологиям (рис. 11).

Основной акцент смещается на глобальную устойчивость, эмоциональный интеллект машин и конвергенцию параллельных интеллектуальных систем, что формирует будущий формат взаимодействия между биосферой и техносферой [91].

Эволюция и будущее Индустрии 6.0

Интерес к классификации индустрий, начиная с Индустрии 1.0 и заканчивая Индустрией 6.0, никогда не угасал. Он подпитывался различными теориями, такими как Кондратьевские волны и инновационные циклы Й. Шумпетера [цит. по: 92], технологические уклады С.Ю. Глазьева, концепции эволюции парадигм, например, по Ф. Лалу (F. Laloux) [93], Л.В. Липидус [94; 95]. В данном исследовании авторы предлагают аллегорию, отражающую эволюцию Индустрии 6.0, как дрейф по нескольким волнам, каждая из которых символизирует многомерное развитие и трансформацию в различных сферах – от сетевых технологий до изменений в социально-экономических моделях и структуре общества (рис. 12).

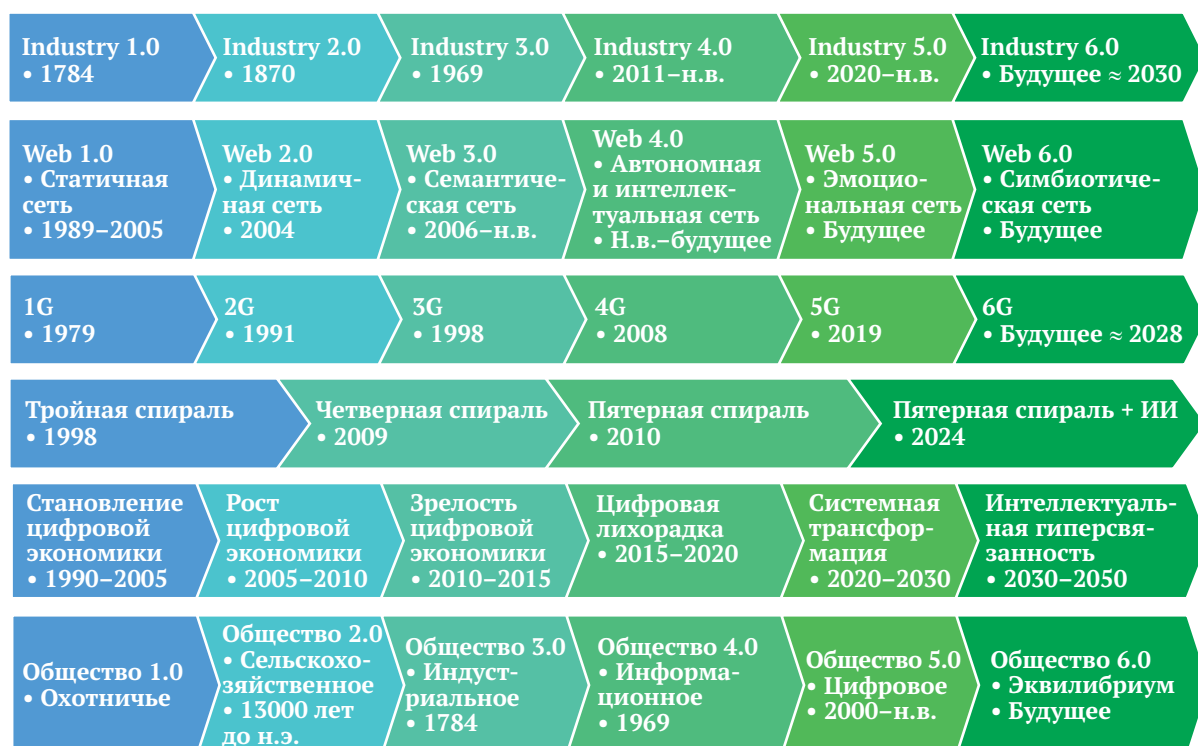


Рис. 12. Эволюционные волны дрейфа от Индустрии 1.0 к Индустрии 6.0

Fig. 12. Evolutionary waves of drift from Industry 1.0 to Industry 6.0

Рассмотрим авторскую аллерегию как комплексную эволюцию, связывающую технологические, социальные и экономические изменения.

Industry 1.0 → Industry 6.0 – это переход от механизации и паровых машин к полной интеграции (конвергенции) ИИ, квантовых вычислений и автономных систем в промышленность. Индустрия 6.0 объединяет симбиоз человека и машины, где машины не просто помогают человеку, но и полностью интегрированы в процессы.

Web 1.0 → Web 6.0 – сетевые технологии эволюционируют от статических веб-страниц к глобальной сети, основанной на ИИ и полной цифровой трансформации. Web 6.0 может предполагать интеллектуальные системы, которые предугадывают потребности пользователей и создают синтетические среды взаимодействия [96; 97].

1G → 6G – генерации мобильных сетей следуют похожей траектории – от базовой мобильной связи до гиперсвязанных сетей 6G, которые поддерживают квантовые вычисления, автономные системы и широкую интеграцию IoT.

Общество 1.0 → Общество 6.0 – общественные системы трансформируются с переходом от аграрного и индустриального общества к обществу знаний и далее к интеллектуальному об-

ществу (Общество 6.0), где человекоцентричные системы сосуществуют с интеллектуальными машинами, гармонизируя экономику, экологию и технологические процессы [98].

Тройная спираль → Пентаспираль + ИИ – переход от модели «Тройной спирали» (наука, бизнес и государство) [12] к «Пятерной спирали» [10; 11] добавляет экологические и социальные элементы, а с Индустрией 6.0 сюда интегрируются технологии ИИ [13; 14], что позволяет управлять инновационными процессами в симбиотических экосистемах.

Становление цифровой экономики → Интеллектуальная гиперсвязанность [94; 95] – цифровая экономика начинается с интеграции базовых цифровых технологий, затем проходит через фазу стремительного роста и цифровой зрелости, достигая пика «цифровой лихорадки», что ведет к трансформации систем и установлению гиперсвязанной экономики, управляемой ИИ и большими данными.

Говоря о возможных будущих индустриях 7.0, 8.0 и далее, важно отметить вклад советского математика Н.С. Кардашева, который в 1964 г. предложил шкалу для систематизации уровней технологического развития цивилиза-

ций. Шкала Кардашева, в настоящее время имеющая большой интерес у зарубежных ученых (например, китайских [98] и американских²⁴ исследователей), основана на уровне энергопотребления цивилизацией и включает три основных типа: цивилизация I типа использует всю энергию своей планеты, II типа – энергию своей звезды, а III типа – энергию своей галактики. Это открытие стало прорывом в советской науке того времени и до сих пор остается важным ориентиром в изучении технологий будущего. Расширение шкалы Кардашева к типам IV и V, описывающим цивилизации, способные использовать энергию вселенной или мультивселенной, позволяет прогнозировать дальнейшие шаги в развитии индустриальных экосистем.

В настоящее время активно ведутся исследования по борьбе со старением человека. Например, в исследовании российских и зарубежных ученых 2024 г. указано, что «старение – сложная проблема, которая, скорее всего, требует нескольких одновременных решений» [99]. Согласно модели «1000 лет в будущем» футурологического института Zukunftsinstitut²⁵ к 2050–2100 гг. наступит «эпоха здоровья и опыта», которая будет следовать за информационным веком, а с 2100 г. начнется «эпоха науки о жизни». Индустрия 5.0 служит переходом к эпохе индивидуализации и кастомизации, а Индустрия 6.0 принесет «эмоциональные машины», открывая новые возможности в психосоциальной сфере. Индустрия 7.0, в свою очередь, окончательно изменит взаимоотношения между человеком и машиной в эпоху науки о жизни.

Заключение

В рамках данного исследования были решены следующие задачи:

1. По результатам реализации систематического литературного обзора выявлены 52 существующих определения Индустрии 6.0. Данные определения совместно с ключевыми технологиями и отличительными особенностями Индустрии 6.0 систематизированы по шести исследовательским проекциям: 1) интеллектуальная автоматизация и производственные системы; 2) устойчивое развитие и «зеленые» технологии; 3) человеко-машинное взаимодействие, этика и эмоциональный интеллект; 4) информационные технологии и ки-

бербезопасность; 5) машинное обучение и ИИ в различных секторах Индустрии 6.0; 6) управление человеческими ресурсами и организационные изменения в Индустрии 6.0.

2. Предложен авторский концепт Индустрии 6.0. Сущность Индустрии 6.0 определена как интеллектуально-технологически иммерсивный гиперсвязанный юбиквитус (от лат. ubiquitous – вездесущий). Содержание Индустрии 6.0 охарактеризовано как физико-когнитивно-эмоциональное слияние виртуальных двойников человека и машин. Объектом Индустрии 6.0 признаны эмоционально-интеллектуальные квантовые экосистемы. На микроуровне целью Индустрии 6.0 признано формирование ультраумных Фабрик 6.0. Макроцелью является создание симбиотической интеллектуальной эквилибрий-экономики (англ. equilibrium – от лат. aequus – равный и libra – весы равновесие).

3. Выделены отличительные характеристики и технологии Индустрии 6.0 по сравнению с Индустриями 4.0/5.0 (виртуальные двойники человека, эмоциональный интеллект машин, квантовые вычисления, гетерогенные роботы, мультиагентные системы и др.). Сделан вывод, что эволюция индустриальных технологий идет в направлении все большей интеграции (иммерсивной конвергенции) человека и машины, увеличения интеллектуальной и когнитивной составляющей, а также усиления экологической и социальной ответственности.

4. Для описания эволюции предложена авторская аллегория, представляющая современный шестой этап индустриального развития в виде дрейфа по нескольким волнам, каждая из которых символизирует многомерную трансформацию в различных сферах – от сетевых технологий до изменений в социально-экономических моделях и структуре общества. Описаны футурологические образы Индустрии 7.0, 8.0 и далее.

В России есть значительные возможности для реализации будущей Индустрии 6.0, благодаря развитию ИИ и экономики данных, которые уже закреплены как ключевые направления национального развития. Технологический суверенитет, обозначенный в стратегических документах до 2036 г., обеспечивает независимость в критически важных технологиях. Программа «Технет» Национальной технологической инициативы (НТИ) активно способствует созданию передовых производственных технологий, включая цифровые и виртуальные двойники, киберфизические системы и роботизированные решения, что закладывает основу для перехода к будущей Индустрии 6.0 в России.

²⁴ Zylman B. Industry 4.0 and beyond to 6.0. Available at: <https://www.bzylman.com/single-post/2016/05/08/your-daily-dose-of-design> (accessed on 11.10.2024).

²⁵ Zukunftsinstitut. Available at: <https://www.zukunftsinstitut.de> (accessed on 11.10.2024).

Список литературы / References

1. Babkin A.I., Alekseeva N., Shkarupeta E., Makhmudova G. Structural and functional model of the digital monitoring system for the enterprise in Industry 4.0. In: *Proc. of the 3rd Intern. Sci. Conf. on Innovations in Digital Economy. SPBPU IDE-2021*. 11–15 октября 2021. Санкт-Петербург; 2021. С. 279–285. <https://doi.org/10.1145/3527049.3527092>
2. Vasin S., Gamidullaeva L., Shkarupeta E., Finogeev A., Palatkin I. Emerging trends and opportunities for industry 4.0 development in Russia. *European Research Studies Journal*. 2018;21(3):63–76. <https://doi.org/10.35808/ersj/1044>
3. Бабкин А.В., Федоров А.А., Либберман И.В., Ключек П.М. Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие. *Экономика промышленности*. 2021;14(4):375–395. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2021-4-375-395>
Babkin A.V., Fedorov A.A., Liberman I.V., Klachek P.M. Industry 5.0: concept, formation and development. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2021;14(4):375–395. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2021-4-375-395>
4. Babkin A., Shkarupeta E., Kabasheva I., Rudaleva I., Vicentiy A. A framework for digital development of industrial systems in the strategic drift to Industry 5.0. *International Journal of Technology*. 2022;13(7):1373–1382. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i7.6193>
5. Babkin, A., Tashenova, L., Mamrayeva, D., Shkarupeta, E. Industry 5.0 and digital ecosystems: scientometric research of development trends. In: Ilin I., Petrova M.M., Kudryavtseva T. (eds.). *Digital transformation on manufacturing, infrastructure & service. DTMIS 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*. Cham: Springer; 2023. Vol. 684. P. 544–564. https://doi.org/10.1007/978-3-031-32719-3_42
6. Babkin A., Shkarupeta E., Danilov D., Tashenova L., Nosirov I. From ESG to EICSG (Environment, Intelligent, Cyber, Social, Governance) strategic management in Industry 5.0. In: *E3S Web of conf. Ural environmental science forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2024)*. Челябинск, 25–28 апреля 2023. Челябинск: EDP Sciences; 2024. Vol. 531:05017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453105017>
7. Kotler P., Kartajaya H., Setiawan I. *Marketing 4.0: Moving from traditional to digital*. Wiley; 2017. 207 p.
8. Kotler P., Kartajaya H., Setiawan I. *Marketing 5.0*. Wiley; 2021. 224 p.
9. Kotler P., Den Huan H., Setiawan I. *Marketing 6.0. The future is immersive*. Wiley; 2024. 256 p.
10. Carayannis E.G., Campbell D.F.J. ‘Mode 3’ and ‘Quadruple Helix’: toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*. 2009;46(3-4):201–234. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374>
11. Carayannis E.G., Campbell D.F. Triple Helix, quadruple Helix and quintuple Helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other? A proposed framework for a trans-disciplinary analysis of sustainable development and social ecology. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD)*. 2010;1(1):41–69. <https://doi.org/10.4018/jesed.2010010105>
12. Leydesdorff L., Etzkowitz H. The triple helix as a model for innovation studies. *Science and Public Policy*. 1998;25(3):195–203.
13. Carayannis E.G., Posselt T., Preissler S. Toward Industry 6.0 and Society 6.0: The quintuple innovation helix with embedded AI modalities as enabler of public interest technologies strategic technology management and road-mapping. *IEEE Transactions on Engineering Management*. 2024;71:11238–11252. <https://doi.org/10.1109/TEM.2024.3406427>
14. Carayannis E.G., Kostis P.C., Kafka K.I., Valvi T. Toward Industry 6.0 and techno-centric vs human-centric smart balancing. In: Meramveliotakis G., Manioudis M. (eds.). *Sustainable Economic Development: Perspectives from Political Economy and Economics Pluralism*. 1st ed. Routledge; 2024. P. 171–184. <https://doi.org/10.4324/9781003349402-16>
15. Lykov A., Cabrera M. A., Konenkov M., Serpiva V., Gbagbe K. F., Alabbas A., Fedoseev A., Moreno L., Khan M.H., Guo Z., Tsetserukou D. *Industry 6.0: New generation of industry driven by generative AI and swarm of heterogeneous robots*. arXiv:2409.10106. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.10106>
16. Зрелова Д.П., Тятюшкина О.Ю., Ульянов С.В. Физические основы квантовых сквозных ИТ в Индустрии 5.0/6.0 и интеллектуальном когнитивном управлении: стохастическая механика, информационная геометрия, квантовая информационная физика / термодинамика. *Системный анализ в науке и образовании*. 2023;1:95–141. Режим доступа: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/565> (дата обращения: 18.10.2024).
Zrelova D.P., Tyatyushkina O.Yu., Ulyanov S.V. Physical foundations of quantum end-to-end IT in Industry 5.0/6.0 and intelligent cognitive control: stochastic mechanics, information geometry, quantum information physics/thermodynamics. *Sistemnyi analiz v nauke i obrazovanii = System Analysis in Science and Education*. 2023;1:95–141. (In Russ.). Available at: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/565> (accessed on 18.10.2024).
17. Chourasia Sh., Tyagi A., Pandey S. M., Walia R.S., Murtaza Q. Sustainability of Industry 6.0 in global perspective: benefits and challenges. *MAPAN*. 2022;37(2):443–452. <https://doi.org/10.1007/s12647-022-00541-w>
18. Degbun M.W. Main objectives and directions of Industry 6.0. В сб.: *Материалы XVII Всеросс.*

- науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные проблемы менеджмента». 20 апреля 2023. Санкт-Петербург. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ»; 2023. С. 125–128.
19. Степченкова О.С. Антихрупкость или устойчивость: перспективы для экономической безопасности России. *Вестник факультета управления СПбГЭУ*. 2023;(16):99–106.
Stepchenkova O.S. Antifragility or sustainability: Prospects for Russia's economic security. *Vestnik fakul'teta upravleniya SPbGEU*. 2023;(16):99–106. (In Russ.)
 20. Golovianko M., Terziyan V., Branytskyi V., Malyk D. Industry 4.0 vs. Industry 5.0: Co-existence, transition, or a hybrid. *Procedia Computer Science*. 2023;217(4):102–113. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.206>
 21. Gritzo L. Automated everything: 'Industry X.Y' will drive progress (and risk) faster than AI. *Forbes*. 2023. Available at: <https://www.forbes.com/sites/louisgritzo/2023/08/29/automated-everything-industry-xy-will-drive-progress-and-risk-faster-than-ai/> (accessed on 18.10.2024).
 22. Сасаев Н.И., Квинт В.Л. Стратегирование промышленного ядра национальной экономики. *Экономика промышленности*. 2024;17(3):245–260. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-3-1349>
Sasaev N.I., Kvint V.L. Strategizing the industrial core of the national economy. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2024;17(3):245–260. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-3-1349>
 23. Гринев С.А., Квинт В.Л. Формирование стратегических приоритетов промышленного развития РФ как инновационный фактор преодоления кризисных периодов. *Экономика промышленности*. 2023;16(3):275–283. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-3-275-283>
Grinev S.A., Kvint V.L. Formation of strategic priorities of industrial development of the Russian Federation as an innovative factor in overcoming crisis periods. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2023;16(3):275–283. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-3-275-283>
 24. Tavakkoli-Moghaddam R., Nozari H., Bakhshi-Movahed A., Bakhshi-Movahed A. A Conceptual framework for the Smart Factory 6.0. In: Oskounejad M., Nozari H. (eds.). *Advanced Businesses in Industry 6.0*. IGI Global; 2024. 14 p. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch001>
 25. Duggal A.S., Malik P.K., Gehlot A., Singh R., Gaba G.S., Masud M., Al-Amri J.F. A sequential roadmap to industry 6.0: Exploring future manufacturing trends. *IET Communications*. 2022;16(6):521–531. <https://doi.org/10.1049/cmu2.12284>
 26. Oskounejad M., Nozari H. (eds.). *Advanced Businesses in Industry 6.0*. IGI Global; 2024. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8>
 27. Deshpande S., Jogdand R. Development of IoT middleware broker communication architecture for industrial automation with focus on future pandemic possibilities: Industry 5.0. In: Dutta P., Bhattacharya A., Dutta S., Lai W.C. (eds.). *Emerging Technologies in Data Mining and Information Security. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Singapore: Springer; 2023. Vol. 1348. P. 47–58. https://doi.org/10.1007/978-981-19-4676-9_4
 28. Shafik W. Artificial intelligence and internet of things roles in sustainable next-generation manufacturing: an overview of emerging trends in Industry 6.0. In: Sharma A., Moses O., Sharma R., Gupta S. (eds.). *Sustainable Innovation for Industry 6.0*. IGI Global; 2024. P. 207–239. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch012>
 29. Pattanaik S., Mohammed M., Sood V. Artificial intelligence and machine learning in Industry 6.0. In: Reddy C.K.K., Doss S., Pamulaparty L., Lippert K., Doshi R. (eds.). *Industry 6.0: Technology, Practices, Challenges, and Applications*. 1st ed. CRC Press; 2024. <https://doi.org/10.1201/9781003517993-2>
 30. Arputharaj J.V., John William B.N., Haruna A.A., Prasad D.D. Exploring the synergy of IIoT, AI, and data analytics in Industry 6.0. In: Reddy C.K.K., Doss S., Pamulaparty L., Lippert K., Doshi R. eds. *Industry 6.0: Technology, Practices, Challenges, and Applications*. 1st ed. Boca Raton: CRC Press; 2024. <https://doi.org/10.1201/9781003517993-1P>
 32. Zahariev P., Hristov G.V., Chaisricharoen R., Bencheva N., Beloev I., Zlatov N., Hieu Le Ch., Georgiev G., Kyuchukova D. Industry 4.0 and beyond – present trends, emerging solutions and future technologies in the area of the industrial automation. In: *2024 Joint intern. conf. on digital arts, media and technology with ECTI northern section conference on electrical, electronics, computer and telecommunications engineering (ECTI DAMT & NCON)*. Chiang-mai, Thailand; 2024. P. 525–528. <https://doi.org/10.1109/ectidamtncn60518.2024.10479988>
 32. Reddy C.K.K., Doss S., Pamulaparty L., Lippert K., Dosh R. (eds.). *Industry 6.0: Technology, practices, challenges, and applications*. 1st ed. Boca Raton: CRC Press; 2024. 284 p. <https://doi.org/10.1201/9781003517993>
 33. Subbiah P., Tyagi A.K., Mazumdar B.D. The future of manufacturing and artificial intelligence industry 6.0 and beyond. In: Tyagi, A., Tiwari S., Ahmad S.S. (eds.). *Industry 4.0, smart manufacturing, and industrial engineering: challenges and opportunities*. 1st ed. Boca Raton: CRC Press; 2024. <https://doi.org/10.1201/9781003473886-18>
 34. Reddy M.S., Reddy C.K., Hanafiah M.M. Climate change mitigation and adaptation strategies enhanced by intelligent systems in Industry 6.0. In: Singh B., Kaunert C., Vig K., Dutta S. (eds.). *Maintaining a sustainable world in the nexus of environmental science and AI*. IGI Global; 2024. P. 201–228. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6336-2.ch008>

35. Fernández-Miguel A., García-Muiña F.E., Settembre-Blundo D., Settembre Blundo D., Chiara Tarantino S. Exploring systemic sustainability in manufacturing: Geanthropology's strategic lens shaping Industry 6.0. *Global Journal of Flexible Systems Management*. 2024;25(7):579–600. <https://doi.org/10.1007/s40171-024-00404-0>
36. Singh R., Tyagi A.K., Arumugam S.K. Imagining the sustainable future with Industry 6.0: A smarter pathway for modern society and manufacturing industries. In: Baby Maruthi P., Prasad S., Tyagi A. (eds.). *Machine learning algorithms using scikit and tensorflow environments*. IGI Global; 2024. P. 318–331. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8531-6.ch016>
37. Almusaed A., Yitmen I., Almssad A. Reviewing and integrating AEC practices into Industry 6.0: Strategies for smart and sustainable future-built environments. *Sustainability*. 2023;15(18):13464. <https://doi.org/10.3390/su151813464>
38. Dass A., Mishra A.K., Ranjan R.K. Small states, big impact: A review of rising greenhouse gases emission from the energy sector in India. *Journal of Clean Energy Technologies*. 2024;1(1):43–52. <https://doi.org/10.3233/jcc240022>
39. Chourasia S., Tyagi A., Pandey S.M., Walia R.S., Murtaza Q. Sustainability of Industry 6.0 in global perspective: benefits and challenges. *MAPAN*. 2022;37(2):443–452. <https://doi.org/10.1007/s12647-022-00541-w>
40. Sharma A., Moses O., Sharma R., Gupta S. (eds.). *Sustainable innovation for Industry 6.0*. IGI Global; 2024. 491 p. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8>
41. Heilala J., Kantola J. Sustainable manufacturer engineering for Industry 6.0. In: Puik E., Cochran D.S., Foley J.T., Foith-Förster P. (eds.). *Proc. 15th Intern. Conf. on Axiomatic Design 2023. ICAD 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*. Cham: Springer; 2024. Vol 849. P. 75–87. https://doi.org/10.1007/978-3-031-49920-3_5
42. Damaševičius R., Misra S. The rise of Industry 6.0: Seizing the opportunities of the post-COVID-19 era for sustainable manufacturing. In: Lakshmi D., Tyagi A. (eds.). *Emerging technologies and security in cloud computing*. IGI Global; 2024. P. 478–494. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2081-5.ch020>
43. Jain R. Towards a green revolution: Sustainable integration of Industry 6.0 technologies and smart banking services in the UAE. In: Sharma A., Moses O., Sharma R., Gupta S. (eds.). *Sustainable innovation for Industry 6.0*. IGI Global; 2024. P. 31–44. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch002>
44. Groumpos P.P. A critical historical and scientific overview of all industrial revolutions. *IFAC-PapersOnLine*. 2021;54(13):464–471. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.492>
45. Groumpos P.P. Ethical AI and global cultural coherence: Issues and challenges. *IFAC-PapersOnLine*. 2022;55(39):358–363. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.12.052>
46. Heilala J., Singh K. Evaluation planning for artificial intelligence-based Industry 6.0 metaverse integration. In: Ahram T., Karwowski W., Di Bucchianico P., Taiar R., Casarotto L., Costa P. (eds.). *Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2023): Integrating people and intelligent systems*. USA: AHFE International; 2023. Vol. 69. <https://doi.org/10.54941/ahfe1002892>
47. Reddy C.K.K., Reddy A.V., Doss S., Priyanka K. Human-machine collaboration and emotional intelligence in Industry 6.0: Concepts, challenges, and future directions. In: Nijalingappa P., Gururaj T., Goyal S., Shukla V., Bruno A. (eds.). *Examining the metaverse in healthcare: Opportunities, challenges, and future directions*. IGI Global; 2024. P. 221–246. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1515-6.ch009>
48. Murugan M., Prabadevi M.N. Impact of Industry 6.0 on MSME entrepreneur's performance and entrepreneur's emotional intelligence in the service industry in India. *Revista De Gestão Social E Ambiental*. 2023;17(4):e03340. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n4-007>
49. Chourasia S., Pandey S.M., Keshri A.K. Prospects and challenges with legal informatics and legal metrology framework in the context of Industry 6.0. *MAPAN*. 2023;38:1027–1052. <https://doi.org/10.1007/s12647-023-00664-8>
50. Das S., Pan T.A. *Strategic outline of Industry 6.0: Exploring the future*. AHFE International; 2023. 10 p. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4104696>
51. Peng M., Garg S., Wang X., Bradai A., Lin H., Hosain M.S. Learning-based IoT data aggregation for disaster scenarios. *IEEE Access*. 2020;8:128490–128497. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3008289>
52. Mutiarachim A., Tyoso J.SP. Pelatihan Pembuatan media promosi mudah dan menarik dengan aplikasi canva untuk UMKM di desa blerong kabupaten demak. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Nusantara (JPMN)*. 2024;4(1):1–9. <https://doi.org/10.35870/jpmn.v4i1.2654>
53. Jamil S., Rahman M., Abbas M.S., Fawad. Resource allocation using reconfigurable intelligent surface (RIS)-assisted wireless networks in Industry 5.0 scenario. *Telecom*. 2022;3(1):163–173. <https://doi.org/10.3390/telecom3010011>
54. Obiako I., Walker S., Lippert K., Cloutier R. Using the fuzzy analytic hierarchy process for selecting a closed sociotechnical environment for autonomous vehicle testing in the world of Industry 6.0. In: Reddy C.K.K., Doss S., Pamulaparty L., Lippert K., Doshi R. (eds.). *Industry 6.0: Technology, practices, challenges, and applications*. 1st ed. Boca Roton: CRC Press; 2024. <https://doi.org/10.1201/9781003517993-7>
55. Ganga P.R., Reddy C.K.K., Lippert K., Ranjan A. Aero metamorphosis in Industry 6.0. In: Reddy C.K.K., Doss S., Pamulaparty L., Lippert K., Doshi R. (eds).

- Industry 6.0: Technology, practices, challenges, and applications*. 1st ed. Boca Roton: CRC Press; 2024. <https://doi.org/10.1201/9781003517993-4>
56. Jain P.K., Bhagat P.H. Community engagement and stakeholder collaboration for inclusive E-banking: A sustainable innovation approach in Industry 6.0. In: Sharma A., Moses O., Sharma R., Gupta S. (eds.). *Sustainable innovation for Industry 6.0*. IGI Global; 2024. P. 45–58. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch003>
 57. Vetrivel S.C., Gomathi T., Sowmiya K.C., Sabareeshwari V. Customer-centric excellence in the Marketing 6.0 era: Industry 6.0. In: Oskounejad M., Nozari H. (eds.). *Advanced businesses in Industry 6.0*. IGI Global; 2024. P. 192–219. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch013>
 58. Kour M., Kour R. AI and influencer marketing: Redefining the future of social media marketing in Industry 6.0. In: Oskounejad M., Nozari H. (eds.). *Advanced businesses in Industry 6.0*. IGI Global; 2024. P. 87–103. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch007>
 59. Salepcioglu M.A. Artificial and remote management model: Industry 6.0 increased virtual and artificial audit. *PressAcademia Procedia (PAP)*. 2021;13(1):114–115. <http://doi.org/10.17261/Pressacademia.2021.1441>
 60. Movahed A.B., Movahed A.B., Aliahmadi B., Nozari H. Green and sustainable supply chain in Agriculture 6.0. In: Oskounejad M., Nozari H. (eds.). *Advanced businesses in Industry 6.0*. IGI Global; 2024. P. 32–45. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch003>
 61. Aliahmadi M.H., Movahed A.B., Movahed A.B., Nozari H., Bayanati M. Hospital 6.0 components and dimensions. In: Oskounejad M., Nozari H. (eds.). *Advanced businesses in Industry 6.0*. IGI Global; 2024. P. 46–61. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch004>
 62. Jeyaraman M., Nallakumarasamy A., Jeyaraman N. Industry 5.0 in orthopaedics. *JOIO*. 2022;56:1694–1702. <https://doi.org/10.1007/s43465-022-00712-6>
 63. Ifezue O., Lippert K., Walker S., Cloutier R. *Industry 6.0 in transportation systems*. CRC Press; 2024. 33 p. <https://doi.org/10.1201/9781003517993-5>
 64. Movahed Am.B., Movahed Al.B., Nozari H. Marketing 6.0 conceptualization. In: Oskounejad M., Nozari H. (eds.). *Advanced businesses in Industry 6.0*. IGI Global; 2024. P. 15–31. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch002>
 65. Yadav S., Rab S., Wan M. Metrology and sustainability in Industry 6.0: Navigating a new paradigm. In: Bhatnagar A., Yadav S., Achanta V., Harnes-Liedtke U., Rab S. (eds.). *Handbook of Quality System, Accreditation and Conformity Assessment*. Singapore: Springer; 2024. P. 1–31. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4637-2_64-1
 66. Singh R.K., Tiwari S.K., Kumar K. Optimizing ordering policies for bullwhip effect mitigation in a simple supply chain within the framework of Industry 6.0. In: Sharma A., Moses O., Sharma R., Gupta S. (eds.). *Sustainable innovation for Industry 6.0*. IGI Global; 2024. P. 139–161. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch009>
 67. Movahed Al.B., Movahed Am.B., Nozari H., Rahmaty M. Security criteria in financial systems in Industry 6.0. In: Oskounejad M., Nozari H. (eds.). *Advanced businesses in Industry 6.0*. IGI Global; 2024. P. 62–74. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3108-8.ch005>
 68. Srivastava A., Kumari G., Pathania A. Technological innovation and accounting in Industry 6.0: Application, implication, and future. In: Sharma A., Moses O., Sharma R., Gupta S. (eds.). *Sustainable innovation for Industry 6.0*. IGI Global; 2024. P. 286–309. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch015>
 69. Goel P.K. Education research and Industry 6.0. In: Sharma A., Moses O., Sharma R., Gupta S. (eds.). *Sustainable innovation for Industry 6.0*. IGI Global; 2024. P. 92–108. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch006>
 70. Doyle-Kent M., Kopacek P. Optimising human potential through diversity and inclusion for Industry/Production 4.0, 5.0 and 6.0. In: Durakbasa N.M., Gençyılmaz M.G. (eds.). *Towards Industry 5.0*. ISPR 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Cham: Springer; 2023. P. 267–276. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24457-5_22
 71. Pathak S., Arora K., Quraishi S.J. Strategic challenges of human resources management in the Industry 6.0. In: Kumar B.R., Abdul Hamid A., Inayah Binti Ya'akub N., Sharma Gaur M., Kumar S. (eds.). *Futuristic e-governance security with deep learning applications*. IGI Global; 2024. P. 169–190. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-9596-4.ch009>
 72. Minz N.K. Strategic HRM techniques and sustainable innovation for Industry 6.0. In: Sharma B.A., Moses O., Sharma R., Gupta S. (eds.). *Sustainable innovation for Industry*. IGI Global; 2024. 15 P. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch004>
 73. Trivedi Sh. *Industry 6.0: The hyper-connected future of manufacturing and supply chains*. April 9, 2024. Available at: <https://managemententhusiast.com/industry-6-0-the-hyper-connected-future-of-manufacturing-and-supply-chains/> (accessed on 11.10.2024).
 74. CFI Team. *Intelligent Manufacturing System (IMS). A modern system of manufacturing that integrates the abilities of humans, machines, and processes*. Available at: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/valuation/intelligent-manufacturing-system-ims/> (accessed on 11.10.2024).
 75. Meyer R. *Leading edge technologies. From the slide rule to the cloud*. liquidtool systems AG. 2021. 36 p.

- Available at: <https://liquidtool.com/wp-content/uploads/2021/03/leading-edge-technologies.pdf> (accessed on 18.10.2024).
76. Babica V., Sceulovs D. Business processes in the artificial transformation of Industry 5.0. In: Callaos N., Hashimoto S., Lace N., Barbat B. (eds.). *Proceed. of the 16th Inter. multi-conference on society, cybernetics, and informatics: IMCIC 2024. Virtual conf. March 26–29, 2024*. 2024. P. 199–203. <https://doi.org/10.54808/IMCIC2024.01.170>
 77. He Q., Li L., Li D., Peng T., Zhang X., Cai Y., Tang R. From digital human modeling to human digital twin: Framework and perspectives in human factors. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*. 2024;37(1):9. <https://doi.org/10.1186/s10033-024-00998-7>
 78. Chandrasekaran A. *Spotlight on 2024 Gartner Hype Cycle™ for emerging technologies*. October 10, 2024. Available at: <https://www.gartner.com/en/articles/hype-cycle-for-emerging-technologies> (accessed on 18.10.2024).
 79. Ames Research Center. *Human factors model*. January 1, 1993. Available at: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20020080993> (accessed on 17.10.2024).
 80. Bubb H. *Why do we need digital human models? DHM and Posturography*. Germany, Munich, Garching: Institute of Ergonomics, Technical University; 2019. Ch. 2. P. 7–32. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816713-7.00002-7>
 81. *Too good to be true? Toyota's new chairs boost health as you sit*. Available at: https://toyotatimes.jp/en/series/beyondmobility/018_1.html#anchorTitles (accessed on 18.10.2024).
 82. Wu C., Liu Y. Queuing network modeling of driver workload and performance. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2007;8(3):528–537. <https://www.doi.org/10.1109/TITS.2007.903443>
 83. Banks J.J., Umberger B.R., Caldwell G.E. EMG optimization in OpenSim: A model for estimating lower back kinetics in gait. *Medical Engineering & Physics*. 2022;103:103790. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2022.103790>
 84. Borst J.P., Anderson J.R. A step-by-step tutorial on using the cognitive architecture ACT-R in combination with fMRI data. *Journal of Mathematical Psychology*. 2017;76:94–103. <https://doi.org/10.1016/j.jmp.2016.05.005>
 85. Eliasmith Ch., Stewart T.C., Choo X., Bekolay T., Dewolf T., Tang Ch., Rasmussen D. A large-scale model of the functioning brain. *Science*. 2012;338(6111):1202–1205. <https://doi.org/10.1126/science.1225266>
 86. Johnson Z., Saikia M.J. Digital twins for healthcare using wearables. *Bioengineering*. 2024;11(6):606. <https://doi.org/10.3390/bioengineering11060606>
 87. Lin Y., Chen L., Ali A., Nugent Ch., Cleland I., Li R., Ding J., Ning H. Human digital twin: a survey. *Journal of Cloud Computing*. 2024;13:31. <https://doi.org/10.1186/s13677-024-00691-z>
 88. Asad U., Khan M., Khalid A., Lughmani W.A. Human-centric digital twins in industry: A comprehensive review of enabling technologies and implementation strategies. *Sensors*. 2023;23(8):3938. <https://doi.org/10.3390/s23083938>
 89. Акаев А.А., Садовничий В.А. Человеческий фактор как определяющий производительность труда в эпоху цифровой экономики. *Проблемы прогнозирования*. 2021;1(184):45–58. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-184-45-58>
Akaev A.A., Sadovnichii V.A. The human component as a determining factor of labor productivity in the digital economy. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*. 2021;1(184):45–58. (In Russ.). <https://doi.org/10.47711/0868-6351-184-45-58>
 90. Казьмина И.В., Белгородский А.В., Бокорев Ю.Ю. Предвидение как основа повышения устойчивости функционирования высокотехнологичных предприятий. *Организатор производства*. 2023;31(2):66–75. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.32.59.006>
Kazmina I.V., Belgorodsky A.V., Bokorev Yu.Yu. Foresight as a basis for increasing the stability of high-tech enterprises. *Organizer of Production*. 2023;31(2):66–75. (In Russ.). <https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.32.59.006>
 91. Сатановский Р.Л., Элент Д. Парадигма активной адаптации организации производства в условиях цифровой циркулярной экономики. *Организатор производства*. 2023;31(2):9–19. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.32.59.001>
Satanovsky R.L., Ellent D. The paradigm of active adaptation of production organization in the digital circular economy. *Organizer of Production*. 2023;31(2):9–19. (In Russ.). <https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.32.59.001>
 92. Акаев А.А. Большие циклы конъюнктуры и инновационно-циклическая теория экономического развития Шумпетера–Кондратьева. *Экономическая наука современной России*. 2013;(2(61)):7–29.
Akaev A.A. Long waves of conjuncture and Schumpeter–Kondratyev innovation-cyclical theory of economic development. *Economics of Contemporary Russia*. 2013;(2(61)):7–29. (In Russ.)
 93. Laloux F. *Reinventing organizations*. Belgium, Brussels: Nelson Parker; 2014. 360 p.
 94. Лapidус Л.В. Эволюция цифровой экономики. В сб.: *Ломоносовские чтения-2018. Секция экономических наук. Цифровая экономика: человек, технологии, институты: сб. тез. выступлений*. М.: Экон. фак-т МГУ им. М.В. Ломоносова; 2018. С. 153–158.
 95. Лapidус Л.В. Вызовы цифровой экономики как триггеры цифровой трансформации: эволюционная шкала и причинно-следственные связи. Интеллект. *Инновации. Инвестиции*. 2023;(3):11–27. <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-3-11>
Lapidus L.V. The digital economy challenges as the digital transformation triggers: evolutionary

- scale and the cause-and-effect relationships. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii = Intellect. Innovations. Investments*. 2023;(3):11–27. (In Russ.). <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-3-11>
96. Önday Ö. Web 6.0: Journey from Web 1.0 To Web 6.0. *Journal of Media & Management*. 2019;1(1):6. Available at: <https://www.onlinescientificresearch.com/articles/web-60-journey-from-web-10-to-web-60.pdf> (accessed on 18.10.2024).
97. Król K. Evolution of online mapping: from Web 1.0 to Web 6.0. *Geomatics, Landmanagement and Landscape*. 2020;(1):33–51. <https://doi.org/10.15576/GLL/2020.1.33>
98. Jiang J.H., Feng F., Rosen P.E., Fahy K.A., Das P., Obacz P., Zhang A., Zhu Z.-H. Avoiding the great filter: Predicting the timeline for humanity to reach Kardashev type I Civilization. *Galaxies*. 2022;10(3):68. <https://doi.org/10.3390/galaxies10030068>
99. Panchin A.Y., Ogmen A., Blagodatski A.S., Egorova A., Batin M., Glinin T. Targeting multiple hallmarks of mammalian aging with combinations of interventions. *Aging*. 2024;16(16):12073–12100. <https://doi.org/10.18632/aging.206078>

Информация об авторах

Александр Васильевич Бабкин – д-р экон. наук, профессор, научный руководитель лаборатории «Цифровая экономика промышленности», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, литера Б, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0941-6358>; e-mail: al-vas@mail.ru

Елена Витальевна Шкарупета – д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры цифровой и отраслевой экономики, Воронежский государственный технический университет, 394071, Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3644-4239>; e-mail: 9056591561@mail.ru

Information about the authors

Aleksandr V. Babkin – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Scientific Director of the Laboratory “Digital Economics of Industry”, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29B Polytechnicheskaya Str., St. Petersburg 195251, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0941-6358>; e-mail: al-vas@mail.ru

Elena V. Shkarupeta – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Professor of the Department of the Digital and Industrial Economics, Voronezh State Technical University, 84 20-letiya Oktyabrya Str., Voronezh 394071, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3644-4239>; e-mail: 9056591561@mail.ru

Поступила в редакцию 14.10.2024; поступила после доработки 20.11.2024; принята к публикации 20.11.2024

Received 14.10.2024; Revised 20.11.2024; Accepted 20.11.2024

Российский и зарубежный опыт использования цифровых двойников в энергетике

С.Е. Гвоздяный^{1,2}✉, А.В. Мясков¹

¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»,
119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1, Российская Федерация

² АО «Выксунский металлургический завод»,
607060, Нижегородская обл., Выкса, ул. бр. Баташевых, д. 45, Российская Федерация

✉ gvozduc@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрена практика применения технологии создания цифровых двойников в энергетической системе зарубежных стран и Российской Федерации. Целью исследования является выделение ключевых областей использования данной технологии, а также лучших российских и зарубежных практик. Среди задач есть анализ факторов внутренней и внешней среды, влияющих на темпы цифровизации в отрасли в целом, и на внедрение технологии цифровых двойников (ЦД), в частности. Акцент при проведении исследования сделан на анализе проблем и преимуществ использования данной технологии для решения региональных энергетических проблем, а также на оценке влияния процессов цифровизации на финансовые показатели энергетических компаний и перспектив дальнейшего расширения использования технологии цифровых двойников в российской энергетической сфере. Рассмотренные в рамках проведенного исследования примеры внедрения цифровых двойников энергетическими компаниями Финляндии, Словакии и России подтверждают высокую эффективность их использования для решения региональных задач энергетики путем повышения производительности и надежности функционирования работы распределительных сетей. Кроме того, проекты цифровизации с использованием ЦД способствуют росту прибыли и уровня рентабельности компаний, расширяя тем самым их дальнейший потенциал для внедрения инновационных технологий.

Ключевые слова: региональная энергетическая политика, цифровые двойники, цифровизация в энергетике, внедрение

Для цитирования: Гвоздяный С.Е., Мясков А.В. Российский и зарубежный опыт использования цифровых двойников в энергетике. *Экономика промышленности*. 2024;17(4):378–387. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1368>

Russian and foreign experience of using digital twins in the energy sector

S.E. Gvozdyanyy^{1,2}✉, A.V. Myaskov¹

¹ National University of Science and Technology “MISIS”,
4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation

² JSC “Vyksa Metallurgical Plant”,
45 Brat'yev Batashevych Str., Vyksa, Nizhny Novgorod Region 607060, Russian Federation

✉ gvozduc@yandex.ru

Abstract. The article studies the practice of implementing the technology of creating digital twins in the energy system of foreign countries and that of the Russian Federation. The purpose of the study is to identify the key areas of application of the technology as well as the best Russian and international practices. The tasks include analyzing the factors of the internal and external environment that affect the pace of digitalization of the entire industry and implementation

of the digital twin technology in particular. The study focuses on analyzing the problems and benefits of using the technology in solving regional energy problems as well as on evaluation of the impact of digitalization process on financial indicators of energy companies and the prospects for further expanded use of digital twin technology in Russia's energy industry. The practice of implementation of digital twins by energy companies of Finland, Slovakia and Russia studied within the research carried out prove high effectiveness of their application in solving regional tasks of power industry by increasing their productivity and reliability of the distribution networks' performance. Moreover, the projects of digitalization involving digital twins ensure the growth of the companies' profits and profitability increasing their further potential for the implementation of innovation technologies.

Keywords: regional energy policy, digital twins, digitalization in the energy sector, implementation

For citation: Gvozdyanny S.E., Myaskov A.B. Russian and foreign experience of using digital twins in the energy sector. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2024;17(4):378–387. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1368>

俄罗斯国内及国外在电力行业应用数字孪生的经验

S.E. 格沃兹佳内^{1,2}✉, A.V. 米亚斯科夫¹

¹ 国立研究型技术大学 MISIS, 119049, 俄罗斯联邦莫斯科列宁斯基大街4号1栋

² 维克萨冶金厂股份公司, 607060, 俄罗斯联邦下诺夫哥罗德州维克萨巴塔舍夫兄弟街45号

✉ gvozduc@yandex.ru

摘要: 本文探讨了在俄罗斯国内外能源系统中应用数字孪生技术的实践。研究的目的是确定该技术的主要应用领域, 以及俄罗斯及国外的最佳实践。研究任务包括分析影响整个行业数字化步伐的内部和外部环境因素, 特别是数字孪生技术的引入。研究的重点是分析应用该技术解决区域能源问题的过程中所存在的问题和优势, 以及评估数字化进程对能源公司财务业绩的影响, 以及在俄罗斯能源行业进一步扩大使用数字孪生技术的前景。在本研究框架内分析的芬兰、斯洛伐克和俄罗斯能源公司引入数字孪生的例子证明, 通过提高配电网络运行的生产力和可靠性, 数字孪生在解决区域能源问题方面具有高效率。此外, 使用 CD 的数字化项目有助于公司利润和盈利能力的增长, 从而进一步扩大他们引入创新技术的潜力。

关键词: 区域能源政策、数字孪生、能源行业数字化、运用

Введение

Текущий этап развития мировой экономики неразрывно связан с внедрением инновационных технологий во все ее сферы и сегменты, включая энергетику, где от скорости и качества внедряемых инноваций напрямую зависит снижение или повышение позиций отдельных стран и представляющих их компаний на мировом энергетическом рынке. В Российской Федерации развитие топливно-энергетического комплекса (ТЭК) является как целью укрепления позиций страны в мировой энергетике, так и поддержкой социально-экономического развития собственной экономики, включая развитие регионов.

Разработанная «Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года» предполагает не только снижение затрат на добычу энергоресурсов путем внедрения инновационных цифровых технологий, но и направленность на формирование «интеллектуальной

энергетики» – повышение эффективности функционирования оптового и розничного рынка электроэнергии через развитие научно-технического потенциала отрасли и создание современной инфраструктуры¹.

Среди наиболее перспективных технологий с точки зрения достижения целей «Энергетической стратегии» исследователи обозначают такие технологии, как Интернет вещей (IoT), прогнозирование на основе анализа больших данных (Big Data), облачные вычисления, искусственный интеллект (AI) и др., а также технологию цифровой имитации – цифровых двойников [1], использованию которой в энергетической отрасли и посвящена данная статья.

¹ Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р (ред. от 21.10.2024) «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_354840/ (дата обращения: 30.09.2024).

**Понятие и области применения
цифровых двойников в энергетике**

Одним из первых исследователей, который ввел в научную литературу понятие «цифрового двойника», стал американский профессор М. Гривс (М. Greaves), который сформулировал суть данной технологии как формирование виртуального представления (прототипа) любой технической системы, которое содержит в себе всю информацию о данной системе. Согласно данному подходу, цифровой двойник (ЦД) базируется на реальной технологической системе и состоит [2]:

- из модели технической системы в виртуальном пространстве;
- потоков данных (информации), связывающих реальную и виртуальную части технологической системы.

Широкое распространение данная технология получила уже к концу 2010-х годов, когда согласно исследованию консалтинговой компании Gartner, проведенному в 2019 г., технологию ЦД на практике использовали 13 % компаний, реализующих цифровые проекты в сфере промышленности, а еще 62 % компаний находились на этапе разработки ЦД собственных производственных систем [3]. При этом среди организаций и компаний, применяющих технологию ЦД, были отмечены представители таких высокотехнологичных сфер как авионавтика и исследование космоса (NASA), кораблестроение, авиастроение и пр., а также многих других отраслей: от фармацевтической и пищевой до металлургической и энергетической.

По итогам 2023 г. стоимость мирового рынка ЦД достигла уровня более 4,2 млрд долл. США,

а прогнозы на перспективу до 2030 г. предполагают ее дальнейший рост до более чем 9,7 млрд долл. США при среднегодовых темпах роста около 12,7 % [4].

При использовании на объектах ТЭК термин «цифровой двойник» трактуется как виртуальная реплика физического объекта или процесса в энергетике, созданная за счет использования цифровых технологий для моделирования и повышения эффективности функционирования технических систем. Подобные виртуальные реплики в энергетике используются [5]:

- для проведения постоянного мониторинга энергетических систем, их диагностики в целях предотвращения масштабных сбоев и общего повышения уровня безопасности эксплуатации данных систем;
- выявления путей оптимизации расходов на обслуживание и замену оборудования;
- общего роста качества управления активами в энергетике;
- разработки и тестирования инновационных технологий без риска нанесения ущерба реальным объектам.

Исходя из области применения (предназначения) выделяют следующие основные виды ЦД (табл. 1).

Создание любых видов ЦД требует использования технологий облачных вычислений, обработки и хранения данных, систем визуализации и пр., а также применения сенсоров для сбора данных (за исключением отдельных видов прототипов – ДТР). При этом в сфере эксплуатации электрических сетей (как в Российской Федерации, так и в мире) наибольшее распространение получили

Таблица 1 / Table 1

Ключевые виды (группы) цифровых двойников

Key types (groups) of digital twins

Название группы	Наименование и краткое обозначение на английском	Предназначение
Двойники реальных физических объектов	Digital Twin Instance – DTI	Мониторинг и управление реальным физическим объектом на основе сбора информации и моделирования его работы в рамках виртуальной системы
Цифровые двойники-прототипы	Digital Twin Prototype – DTP	Сбор информации в рамках функционирования виртуальной модели будущей технической системы
Вычислительные центры	Digital Twin Aggregate – DTA	Консолидирует и обрабатывает данные, полученные от нескольких DTI, в режиме реального времени или оффлайн
Приложения-симуляторы для работы с цифровыми двойниками	Digital Twin Environment – DTE	Прогнозирование вариантов будущей работы физических систем, выявление уже имеющихся и потенциальных проблем их функционирования

Источник: составлено автором на основе [6]

Source: compiled by the author based on [6]

ЦД группы DTI, которые используются для консолидации, хранения и обработки данных о функционировании энергетической инфраструктуры: от станций до трансформаторов и линий передач электроэнергии, от магистральных до распределительных сетей. Ключевой целью использования технологии ЦД в сфере эксплуатации электрических сетей является минимизация количества аварий [7], снижение времени отсутствия подачи электроэнергии или перебоев с ее подачей.

К числу ключевых параметров, которые отслеживают и помогают регулировать ЦД, можно отнести [8]:

- частота электрического тока, а также напряжение электрической сети;
- активная и реактивная мощность электростанций и компенсаторов;
- потоки мощности в электрических сетях;
- давление, температура пара, нагрузки и другие параметры тепловых электростанций, схожие по смыслу показатели других видов электростанций.

Как правило, цифровые двойники напрямую связаны с автоматическими системами управления, которые на основе обработанных данных ЦД осуществляют регулирование энергетических систем, включая их автоматическое отключение или включение, а также ввод в эксплуатацию резервных объектов энергетики.

Практика применения технологии цифровых двойников в решении региональных энергетических проблем за рубежом

За относительно короткий срок своего существования технология цифровых двойников получила широкое распространение во всех подотраслях энергетики: от генерации электроэнергии до эксплуатации распределительных сетей.

Одним из лидеров в части разработки платформ с использованием цифровых двойников для сферы энергетики стала американская компания General Electric (GE), которая в кооперации с еще одной компанией из США – ANSYS, специализирующейся именно на разработке цифровых двойников для инженерных систем, разработала более 1,2 млн цифровых решений, включающих в себя цифровые двойники различного энергетического оборудования: от турбин и двигателей до станций распределения электроэнергии [9]. В портфеле цифровых двойников компании GE также присутствуют решения, предназначенные для оптимизации использования объектов возобновляемой энергетики: от отдельных ветровых турбин и солнечных станций до ветро- и солнечных парков. Например, внедрение цифрового

двойника в эксплуатацию одного из крупных ветропарков позволило компании GE добиться 5 % роста выработки электроэнергии без изменения физического объекта и замены каких-либо его элементов (оборудования). Эффект был достигнут за счет имитации различных сценариев изменения погодных условий и выбора наиболее подходящих режимов работы ветровых турбин при каждом из них.

Особое место в сегменте генерации электроэнергии занимают цифровые двойники атомных электростанций (АЭС), предназначением которых в первую очередь является обеспечение безопасности их функционирования. Наиболее активно разработкой ЦД для АЭС занимаются страны с развитой атомной энергетикой – Франция и США. В частности, в 2022 г. власти США в лице Министерства энергетики страны выделили 27 млн долл. США на создание цифровых двойников для атомных электростанций², а во Франции усилиями компаний Framatome и EDF Group разработаны модели ЦД, которые своей работой охватывают около 30 % рисков, связанных с потенциальными отказами энергоблоков АЭС [4].

Цифровые двойники для АЭС позволяют не только отслеживать текущие показатели работы реакторов, подавая сигналы о любых отклонениях от нормального функционирования, но и осуществлять прогнозирование возможных проблем, включая необходимость проведения технического осмотра или замены оборудования.

В сегменте эксплуатации магистральных электрических сетей первых значимых успехов еще в 2016 г. добилась компания Fingrid (Финляндия), ключевым акционером которой (67,7 %) выступает государство. Проект данной компании под названием ELVIS (ELectricity Verkko Information System), включающий в себя технологию цифровых двойников, позволил значительно повысить качество управления активами компании, а также обеспечить бесперебойный обмен информацией в процессе планирования и фактической эксплуатации энергосистемы, которая включала в себя на момент внедрения [10]:

- 116 электроподстанций;
- 4,6 тыс. км линий электропередач мощностью 400 кВ;
- 2,2 тыс. км линий электропередач мощностью 220 кВ;
- 7,6 тыс. км линий электропередач мощностью 110 кВ.

² Министерство энергетики США (DOE). Режим доступа: <https://www.atomic-energy.ru/DOE///> (дата обращения: 08.08.2024).

С экономической точки зрения внедрение ЦД в компании Fingrid позволило значительно повысить уровень производительности системы и уровень надежности ее функционирования за счет оперативного анализа данных, что в итоге сократило уровень затрат и повысило прибыль [11].

В свою очередь, в сегменте распределительных электрических сетей одним из первых успешных проектов цифровизации с использованием цифровых двойников стал проект компании VSE Group (Словакия), которая входит в состав European RWE Group. За счет разработанного ЦД электрической сети компания полностью заменила процессы расчетов вручную (при затратах на создание модели электрической системы на уровне около 500 чел.) на автоматически работающий расчетный комплекс. Это позволило значительно повысить качество анализа работы распределительной сети, которая охватывала около 1/3 от общей территории восточной Словакии (16,2 тыс. км²) и обеспечивала электроэнергией более 610 тыс. домохозяйств [12].

Таким образом, практика использования цифровых двойников в энергетике проанализированных зарубежных стран охватывает все ее основные сегменты: от различных типов генерирующих объектов (электростанций) до магистральных и распределительных сетей.

Опыт использования цифровых двойников в регионах России

На протяжении длительного периода времени лидерами с точки зрения внедрения технологии цифровых двойников в российском сегменте выступали крупнейшие вертикально-интегрированные компании [12], которые использовали ее для создания «цифровых скважин», «цифровых перерабатывающих заводов» и пр.

Например, в 2020 г. компания ПАО «Газпром» создала ЦД газопровода «Сила Сибири», предназначением которого стал контроль над работой газотранспортной системы, предотвращение ее простоев и аварийных ситуаций, а ее дочерняя компания – «Газпромнефть-Заполярье» запустила в работу ЦД компрессорной станции на Чаяндинском нефтегазовом месторождении³. Полученные компанией результаты были настолько впечатляющими, что уже в 2023 г. компания «Газпром нефть» объявила о формировании но-

вой бизнес-модели, обязательной частью которой будут выступать цифровые двойники⁴.

Собственные проекты, предусматривающие использование технологии ЦД, запустила и компания «Росэнергоатом» (подразделение государственной корпорации «Росатом»). В частности, в 2020 г. она внедрила комплекс «Виртуальная цифровая АЭС», который позволяет прогнозировать различные сценарии развития ситуации на генерирующем объекте при реализации разных режимов ее работы, возникновения различных непредвиденных ситуаций и пр. Особенностью подобных проектов является использование специализированных датчиков отслеживания параметров функционирования АЭС, так как «обычные» датчики в условиях высокой радиации крайне быстро выходят из строя [4].

Важно отметить, что пилотные проекты по внедрению цифровых решений «Росэнергоатом» проводил на наиболее удаленных станциях (например, на Кольской АЭС, Мурманская область). И лишь в случае получения положительного эффекта цифровые решения распространялись на другие объекты корпорации. Кроме того, особо пристальное внимание в компании уделяется формированию цифровых компетенций у персонала⁵, что создает основу для дальнейшего повышения эффективности внедрения цифровых решений в целом и технологии цифровых двойников, в частности.

При этом задачи в части цифровой трансформации стоят не только перед отдельными компаниями или российским государством в целом, но и перед властями регионов Российской Федерации. В частности, в рамках выполнения Указа Президента РФ⁶ в период до сентября 2021 г. все регионы страны должны были разработать собственные стратегии цифровой трансформации, охватывающие все ключевые сферы экономики и общественной жизни. Как правило, подобные стратегии регионов РФ включают в себя следующие три ключевые направления [13]:

– внедрение цифровых технологий в государственном секторе (включая государственные корпорации);

⁴ Газпром нефть; цифровые двойники – шаг к новой бизнес-модели. 25.09.2023. Режим доступа: <https://www.eprussia.ru/news/base/2023/5663502.htm?ysclid=m2xbmao0kr540853961> (дата обращения: 09.08.2024).

⁵ Цифровизация Росэнергоатома: революция не опасна, эволюция неизбежна. 28 января 2019. Режим доступа: <https://up-pro.ru/library/strategi/tendencii/cyfroviz-rosatom///> (дата обращения: 09.08.2024).

⁶ Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726///> (дата обращения: 10.08.2024).

³ Газпромнефть-Заполярье создала цифровой двойник КС Чаяндинского месторождения. 25 августа 2020. Режим доступа: <https://neftegaz.ru/news/oilfield/627585-gazpromneft-zapolyare-sozdala-tsifrovoy-dvoynik-ks-chayandinskogo-mestorozhdeniya/?ysclid=lpnaaeiol258244852///> (дата обращения: 09.08.2024).

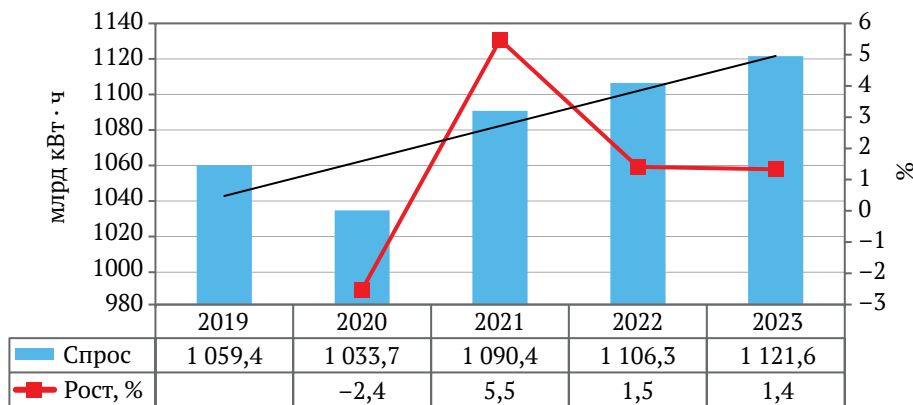


Рис. 1. Динамика спроса на электроэнергию в Единой энергетической системе России в период 2019–2023 гг.

Источник: составлено авторами на основе данных Россети. Отраслевые тенденции. Режим доступа: <https://ar23.rosseti.ru/ru/strategic-report/market-review/industry-related-trends///> (дата обращения: 10.08.2024).

Fig. 1. Dynamics of electricity demand in the Unified Energy System of Russia in the period 2019–2023

Source: compiled by the authors based on data from Rosseti. Industry Trends. Available at: <https://ar23.rosseti.ru/ru/strategic-report/market-review/industry-related-trends///> (accessed on 10.08.2024).

- поддержка цифровизации сегмента неформальной экономики;
- содействие цифровой трансформации частных компаний.

Как правило, поддержка процессов цифровизации в частных компаниях со стороны региональных властей выражается в организации различного рода консультаций и обучающих программ, а также в форме прямой финансовой поддержки (особенно – малых и средних предприятий).

Актуальность решения задач цифровой трансформации энергетической сферы Российской Федерации существенно повысилась на фоне текущего геополитического и геоэкономического кризиса, который уже привел не только к значительной трансформации экономики страны (в пользу роста объемов промышленного производства), но и к соответствующему росту спроса на электроэнергию (рис. 1).

Среди региональных подсистем, входящих в Единую Энергетическую Систему (ЕЭС) России, спрос на электроэнергию наиболее высокими темпами в 2023 г. относительно показателей 2022 г. увеличивался⁷:

- объединенная энергетическая система (ОЭС) Сибири (+5,3%);
- ОЭС Юга (+2,5%);
- ОЭС Центра (+2,3%);
- ОЭС Урала (+2,3%).

Очевидно, что внедрение технологии ЦД в крупных компаниях ТЭК РФ напрямую затрагивает и задачи обеспечения энергетической безопасности, повышения экономической конкурентоспособности регионов. Однако одной из наиболее важных среди стоящих перед региональными властями задач является обеспечение высокого уровня доступности и бесперебойной подачи электроэнергии как для населения, так и для всех сегментов экономики регионов. В качестве одного из способов решения данной задачи и рассматривается внедрение технологии цифровых двойников на объектах генерации в регионах, а также на магистральных и распределительных сетях.

Поскольку в структуре генерации электроэнергии в России ключевую роль играют тепловые электростанции (ТЭС) – на их долю в 2022 г. пришлось 60,37 % от общего объема выработки электроэнергии и 66,14 % от общего объема установленной мощности всех электростанций⁸ – внедрение технологии цифровых двойников в сегменте генерации в регионах России получило наибольшее распространение именно в части создания ЦД ТЭС.

В частности, по заказу «Мосэнерго» компания «КРОК Инкорпорейтед» провела работы по моделированию одной из крупнейших ТЭС Москвы в целях оптимизации режимов ее

⁷ Отчет о функционировании ЕЭС России в 2023 году (на основе оперативных данных). Режим доступа: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2024/ups_rep2023.pdf/// (дата обращения: 11.08.2024).

⁸ Единая энергетическая система России. Режим доступа: <https://www.so-ups.ru/functioning/ees/ups2022///> (дата обращения: 11.08.2024).

функционирования. Итогом внедрения ЦД стало снижение затрат на топливо и общее повышение уровня эффективности работы станции за счет роста показателя точности отображения параметров работы реальной системы и цифрового двойника (расхождение не более 2%), а также оптимизации графика почасовой загрузки ТЭЦ с учетом таких факторов, как прогноз погоды и динамики потребления электроэнергии⁹.

Первые попытки внедрения цифровых двойников предпринимаются и в других сегментах электрогенерации России. Например, в целях обеспечения электроэнергией поселка Тикси в таком сложном с климатической точки зрения регионе Арктики как Республика Саха (Якутия) подразделение холдинга «РусГидро» рассматривало три основных варианта: дизельную электростанцию (ЭС), ветродизельную ЭС и ветродизельную ЭС + ЦД. Последний вариант отличался наибольшей стоимостью и наиболее высокими затратами на заработную плату обслуживающего персонала (табл. 2).

По итогам проведенных расчетов экономической эффективности, несмотря на более высокий уровень первоначальных затрат и затрат на заработную плату, был выбран именно проект ветродизельной ЭС с цифровым двойником, поскольку он обеспечивает более высокий уровень доходности в долгосрочной перспективе.

Что касается внедрения технологии в сегментах магистральных и распределительных электросетей, то здесь значимых результатов удалось добиться компании «Россети Янтарь» в рамках пилотного проекта на Мамонтовском участке Западных электрических сетей – использование здесь технологии цифрового двойника позволило:

- снизить среднее время на восстановление подачи электроэнергии после аварий в 5,5 раза [10];
- сократить потери электроэнергии в 2,5 раза [11].

Пятилетняя программа реконструкции и развития электрических сетей компании «Россети Янтарь» с общим объемом инвестиций в размере 22,17 млрд руб. была завершена в 2020 г.¹⁰,

⁹ Работающая магия. Цифровые двойники и их применение в энергетике. Режим доступа: <https://www.energovector.com/energogznanie-rabotayuschaya-magiya.html?ysclid=Izodyw46yi727149280///> (дата обращения: 07.08.2024).

¹⁰ Годовой отчет АО «Янтарь Энерго» за 2020 год (маркетинговый бренд с 2019 г. «Россети Янтарь»). Режим доступа: https://rosseti-yantar.ru/upload/iblock/f9a/_-_-_-2020-_.pdf/// (дата обращения: 07.08.2024).

включая реализацию очередного этапа программы «Цифровой трансформации 2030» и пилотный проект по внедрению ЦД. Для оценки общей эффективности данной программы рассмотрим динамику таких ключевых показателей эффективности деятельности компании как выручка, валовая прибыль и коэффициент рентабельности по валовой прибыли (рис. 2).

Представленные в таблице данные позволяют сделать вывод, что реализованная компанией инвестиционная программа, включающая пилотный проект по внедрению ЦД, позволила, начиная с 2020 г., сформировать устойчивый растущий тренд как по показателю выручки (+246,1 % по итогам 2023 г. в сравнении с 2020 г. и +10,9 % по итогам 2023 г. в сравнении с 2022 г.), так и по показателю валовой прибыли (+265,7 % по итогам 2023 г. в сравнении с 2020 г. и +3,3 % по итогам 2023 г. в сравнении с 2022 г.).

При этом, несмотря на некоторое снижение показателя коэффициента рентабельности по валовой прибыли, значения данного показателя на протяжении периода 2021–2023 гг. (с 15,0 % в 2021 г. до 13,3 % в 2023 г.) находятся выше значения в 2020 г. (12,6 %).

Таким образом, можно констатировать, что, несмотря на относительно небольшой опыт внедрения технологии цифровых двойников в энергетике России, реализованные пилотные проекты демонстрируют высокие показатели эффективности, что увеличивает интерес других компаний – представителей ТЭС к их внедрению.

Таблица 2 / Table 2

Сравнение экономической эффективности проектов ЭС для п. Тикси (Якутия), тыс. руб.

Comparison of economic efficiency of power plant projects for Tiksi (Yakutia) (thousand rubles)

Показатель	Проект		
	ДЭС	ВДЭС	ВДЭС + ЦД
Стоимость	8 264,4	24 300,0	44 300,0
Заработная плата	180,0	180,0	360,0
Расходы топлива, л/ч	100	70	60
Чистый дисконтированный доход	–	84 908,3	267 559,7
Индекс доходности	–	4,50	7,03
Срок окупаемости	–	20 лет	20 лет

Источник: составлено автором на основе [14]

Source: compiled by the author based on [14]

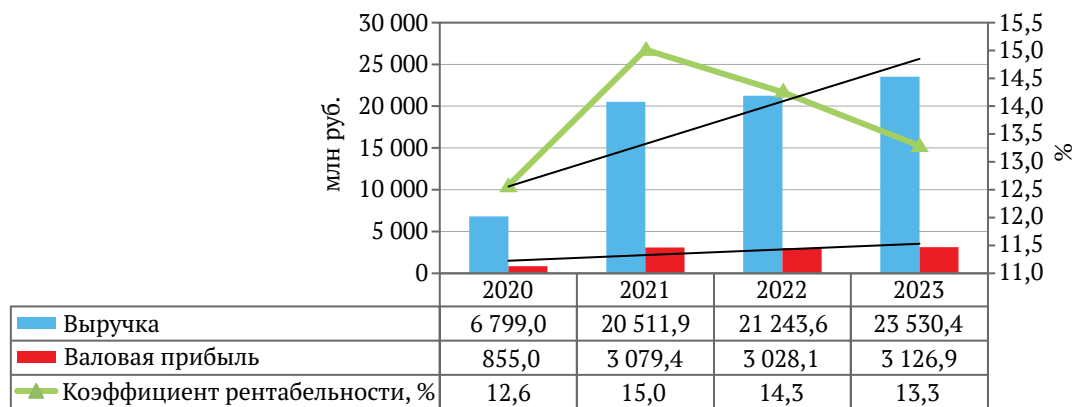


Рис. 2. Динамика выручки, валовой прибыли и коэффициента рентабельности по валовой прибыли компании «Россети Янтарь» в период 2019–2023 гг.

Источник: составлено автором на основе данных «Финансовая и годовая отчетность компании «Россети Янтарь». Режим доступа: <https://rosseti-yantar.ru/raskrytie-informatsii/raskrytie-informatsii-obshchestvom/finansovaya-i-godovaya-otchetnost/?year=2021&old=y///> (дата обращения: 08.08.2024).

Fig. 2. Dynamics of revenue, gross profit and profitability ratio by gross profit of Rosseti Yantar in the period 2019–2023

Source: compiled by the author based on data from the Financial and annual statements of Rosseti Yantar.

Available at: <https://rosseti-yantar.ru/raskrytie-informatsii/raskrytie-informatsii-obshchestvom/finansovaya-i-godovaya-otchetnost/?year=2021&old=y///> (accessed on 08.08.2024).

Оценка перспектив дальнейшего развития технологии цифровых двойников для решения задач региональной энергетической политики в Российской Федерации

Помимо уже отмеченного выше тренда на рост использования технологии цифровых двойников как в мировой энергетике, так и в энергетике Российской Федерации, на протяжении 2010-х и начала 2020-х годов, а также общего роста спроса на электроэнергию в России в условиях текущего геополитического и геоэкономического кризиса, перспективы дальнейшего внедрения данной технологии в стране создают:

- ускорение темпов развития отечественных ИТ-компаний;
- рост инвестиций компаний ТЭК в инновационное развитие (включая проекты цифровизации);
- внедрение цифровых технологий в энергетике на уровне рядовых потребителей.

Вводимые со стороны стран Запада санкции еще с 2014 г. преследовали своей целью ограничение доступа российских компаний ТЭК к инновационным технологиям и высокотехнологичному оборудованию, что вынуждало их ускорять реализацию собственных инновационных проектов, а власти страны – принимать меры по стимулированию научно-технического развития. Только за период с 2022 г. (начала текущего геополитического кризиса) среди ключевых нормативно-правовых актов, направленных на разви-

тие отечественных инновационных разработок можно обозначить:

- «Концепцию технологического развития на период до 2030 г.»¹¹;
- Федеральный закон «О развитии технологических компаний в Российской Федерации»¹².

Повышенное внимание к развитию высокотехнологичных компаний позволило существенно увеличить их вклад в валовой внутренний продукт (ВВП) РФ. В частности, если в 2013 г. он находился на уровне 21,0 % ВВП, то в 2023 г. достиг уровня 23,5 % (+2,5 % за 10 лет)¹³.

Что касается внедрения цифровых технологий на уровне потребителей, то здесь важные шаги стали предприниматься с 2017 г. путем внедрения «умных счетчиков», постепенный рост числа которых создает перспективу для постоянного роста массивов информации об объемах и динамике потребления электроэнергии, т.е. базы для анализа цифровых двойников рас-

¹¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20.05.2023 № 1315-р. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202305250050///> (дата обращения: 11.08.2024).

¹² Федеральный закон от 04.08.2023 № 478-ФЗ «О развитии технологических компаний в Российской Федерации» (часть I). Ст. 6210. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_454055/ (дата обращения: 11.08.2024).

¹³ Росстат: Технологическое развитие отраслей экономики. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/11189///> (дата обращения: 11.08.2024).

пределительных сетей в России. Определенные сложности после 2022 г. возникли в части необходимости замены отдельных компонентов данных счетчиков, которые ранее закупались за рубежом. Данный аспект также требует ускорения темпов импортозамещения в отрасли, а также увеличения затрат энергетических компаний на повышение квалификации персонала, занимающегося монтажом и обслуживанием обновленных счетчиков и систем, работающих с поступающими от них данными [8].

Заключение

Проведенный анализ российского и зарубежного опыта использования цифровых двойников в энергетике показал, что, несмотря на относительно небольшой срок развития данной технологии (с начала 2010-х годов), она уже получила свое развитие как в сегменте генерации электроэнергии (включая все виды электрогенерации: от тепловых и атомных станций до объектов возобновляемой энергетики), так и в сегментах эксплуатации магистральных и распределительных электрических сетей.

В российском ТЭК лидерство с точки зрения внедрения технологии цифровых двойников принадлежит крупным вертикально-интегрированным компаниям, которые используют ЦД практически во всех бизнес-процессах, тогда как решение задач регионального экономического и энергетического развития требует вовлечения в данный процесс более широкого круга компаний, включая малые и средние.

Рассмотренные в рамках статьи примеры внедрения ЦД в компаниях энергетической отрасли демонстрируют их эффективность как в части повышения уровня производительности системы и уровня надежности ее функционирования за счет оперативного анализа данных, так и в части общего сокращения уровня затрат и повышении прибыли (пример компании Fingrid, Финляндия), а рассмотренных пример проекта по цифровизации с использованием ЦД компании VSE Group (Словакия) подтверждает эффективность применения технологии для повышения качества анализа работы распределительной сети.

В свою очередь, реализация комплексной программы реконструкции и развития электрических сетей компании «Россети Янтарь», завершенная в 2020 г. и включавшая в себя пилотный проект по внедрению цифрового двойника, свидетельствует о положительном влиянии подобных инновационных программ на такие ключевые показатели энергетической компании как выручка, валовая прибыль и коэффициент рентабельности по валовой прибыли, которые за период 2020–2023 гг. значительно выросли.

Перспективы для дальнейшего распространения данной технологии создают как уже достигнутые успехи пилотных проектов по внедрению ЦД и общий рост спроса на электроэнергию в стране, так и общее ускорение темпов научно-технологического развития в России, вызванное сложившимися после 2014 и 2022 гг. кризисными условиями.

Список литературы / References

1. Молчанов А.А. Цифровизация в области энергоснабжения. Энергетическое право: модели и тенденции развития. В: *Сб. матер. 2-й Междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 12–13 ноября, 2020 г.* Под ред. А.В. Габова. Белгород: Изд. дом «Белгород»; 2021. С. 139–141.
2. Grieves M. Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication. *Digital Twin White Paper*. 2014;(1):1–7.
3. Стариков Е.Н. Цифровые двойники: содержание и особенности развития концепции в России. В сб.: *Матер. 4-го Уральского экономического форума «Урал – драйвер неоиндустриального и инновационного развития России».* Екатеринбург, 20–21 октября, 2022 г. Екатеринбург: УрГЭУ; 2022. С. 192–196.
4. Сеницын С.Н. Необходимость создания цифровых двойников в России. *Экономика и управление: проблемы, решения.* 2024;1(3(142)):77–84. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.03.01.008>
5. Sinitsyn S.N. The need for creating digital twins in Russia. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya.* 2024;1(3(142)):77–84. (In Russ.). <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.03.01.008>
5. Щербенев Н.А. Цифровые двойники: от концепции до промышленной эксплуатации. В сб.: *Матер. 9-й Нац. науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию КГЭУ «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве».* Казань, 7–8 декабря 2023 г. Казань: КазГЭУ; 2024. С. 446–448. <https://www.osp.ru/os/2022/04/13056597>
6. Абазьева М.П. Цифровые двойники: концепция, возможности, перспективы. *Наука и бизнес: пути развития.* 2019;(5(95)):210–212. Abazyeva M.P. Digital twins: concept, opportunities, perspectives. *Nauka i biznes: puti razvitiya.* 2019;(5(95)):210–212. (In Russ.)
7. Фомин К.Д. Цифровой двойник в электрических сетях. В сб.: *Труды 16-й Всеросс. открытой*

- молодеж. науч.-практ. конф. «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике». Казань, 20–21 октября 2021 г. Казань: ООО «Изд.-полиграф. компания «Бриг»; 2022. С. 233–235.
8. Найденов Д.Н., Мясоедова М.А. К вопросу внедрения современных технологий в энергетике. В: *Сб. матер. 3-й Междунар. науч.-практ. конф. «Интеграция образования, науки и практики в АПК: проблемы и перспективы»*. Луганск, 23–24 ноября, 2023 г. Луганск: ЛугГАУ им. К.Е. Ворошилова; 2023. С. 296–299.
 9. Суханова М. Работающая магия. Цифровые двойники и их применение в энергетике. *Энерговектор*. 30.12.2019. Режим доступа: <https://www.energovector.com/energoznanie-rabotayuschaya-magiya.html?ysclid=Izodyw46yi727149280//>
 10. Никитина Е.В., Полуэктов А.Н., Кох С. Цифровой двойник для электрических сетей. *Энергия единой сети*. 2019;(4(46)):32–36.
Nikitina E.V., Poluektov A.N., Kokh S. Digital twin for electrical networks. *Energiya edinoi seti*. 2019;(4(46)):32–36. (In Russ.)
 11. Мухлина Е.С., Логачева А.Г. Будущее цифровых двойников в энергетике. В сб.: *Матер. 15-й Всеросс. открытой молодеж. науч.-практ. конф. «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике»*. Казань, 21–22 октября, 2020 г. Казань: КазГЭУ; 2020. С. 354–356.
 13. Tomcik J., Mento P., Serdula J. Distributed generation drives system planning. *Transmission & Distribution World. Russian Edition*. 2013;(3):18. Available at: <https://eepir.ru/release/transmissiondistribution-world-russian-edition-3-ijun-2013/?ysclid=m3y5pv8bf604996162>
 13. Новицкий П.А. Уровень развития технологии цифровых двойников в РФ и меры ее поддержки государством. *Транспортное дело России*. 2020;(4):20–21.
Novitsky P. The level of development of digital twins technology in the Russian federation and measures of its support by the state. *Transportnoe delo Rossii*. 2020;(4):20–21. (In Russ.)
 14. Мочалов Я.Г. Применение цифровых двойников с использованием гибридной ветродизельной электростанции на арктическом шельфе для обеспечения нефтяных вахтовых поселков. *Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития*. 2023;(4(75)):67–75. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2023-4-67-75/>
Mochalov Ya. G. The use of digital twins using a hybrid wind-diesel power plant on the Arctic shelf to provide shift settlements for oil workers. *Ekonomika Severo-Zapada: problemy i perspektivy razvitiya = Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*. 2023;(4(75)):67–75. (In Russ.). <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2023-4-67-75>

Информация об авторах

Семен Евгеньевич Гвоздяный – аспирант, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1, Российская Федерация; АО «Выксунский металлургический завод», 607060, Нижегородская обл., Выкса, ул. бр. Баташевых, д. 45, Российская Федерация; e-mail: gvozduc@yandex.ru

Александр Викторович Мясков – д-р экон. наук, профессор, директор Горного института, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1, Российская Федерация; e-mail: rumyaskov@misis.ru

Information about the authors

Semyon E. Gvozdyanyy – Postgraduate Student, National University of Science and Technology “MISIS”, 4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation; JSC “Vyksa Metallurgical Plant”, 45 Brat'yev Batashevyykh Str., Vyksa, Nizhny Novgorod Region 607060, Russian Federation; e-mail: gvozduc@yandex.ru

Alexander V. Myaskov – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Director of the Mining Institute, National University of Science and Technology “MISIS”, 4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation; e-mail: rumyaskov@misis.ru

Поступила в редакцию 13.10.2024; поступила после доработки 15.11.2024; принята к публикации 27.11.2024

Received 13.10.2024; Revised 15.11.2024; Accepted 27.11.2024

Экономическая парадигма экологической безопасности нефтегазовых регионов

И.Л. Беилин  

Российский государственный университет правосудия (Казанский филиал),
420088, Республика Татарстан, Казань, ул. 2-я Азинская, д. 7А, Российская Федерация

 i.beilin@rambler.ru

Аннотация. Достижение высокого уровня экологической безопасности нефтегазовых регионов в высокой степени обеспечивается решением проблем экономической эффективности использования природных ресурсов и управления комплексом федеральных и региональных проектов совершенствования методов охраны природной среды и природопользования. Целью исследования является разработка системного рационального подхода к инновационному развитию экологической безопасности регионов нефтегазовой специализации на основе их межрегиональной кластерной организации в условиях необходимости достижения более высоких уровней технологического суверенитета и доминирования стратегий циркулярной экономики и декарбонизации в трансформирующемся мировом топливно-энергетическом балансе. Для достижения сформулированной цели были проведены: теоретические исследования перспектив инновационно-ресурсных направлений развития региональной нефтегазовой промышленности и экологизации региональных экономических систем, а также территориального распределения региональной промышленной инфраструктуры в целях зеленого энергоперехода; теоретические исследования институциональных механизмов стратегического пространственного российского развития на основе межрегиональной производственной кластерной интеграции с использованием высокорентабельных нефтегазовых доходов для разработки и внедрения инновационных принципов повышения эколого-экономической эффективности использования природоподобных технологий, управляемого природопользования, ESG-факторов, умной специализации регионов, локального ресурсного потенциала; регрессионный анализ динамики и прогноза объемов атмосферных загрязнений стационарными источниками, объемов улавливания атмосферных загрязнений от стационарных источников, доли уловленных и обезвреженных атмосферных загрязнений от общего количества выбрасываемых газообразных загрязняющих веществ стационарными источниками, а так же затрат на охрану окружающей природной среды регионов нефтегазовой специализации; иерархическая кластеризация нефтегазовых регионов по количеству организаций, использующих инновации, направленные на развитие экологической безопасности по материальным и энергетическим потокам, по снижению выброса CO₂ и использованию безопасного или менее опасного сырья и материалов, по снижению уровня загрязнения внешней среды и использованию технологий рециркуляции отходов. Исследование проведено на примере Приволжского федерального округа (ПФО), нефтегазовыми регионами которого являются субъекты с бюджетообразующим нефтегазохимическим комплексом, такие как Республика Башкортостан (РБ), Республика Татарстан (РТ), Удмуртская Республика (УР), Пермский край (ПК), Оренбургская область (ОО) и Самарская область (СО). В результате проведенного исследования была разработана экономическая парадигма повышения экологической безопасности нефтегазовых регионов на основе использования принципов горизонтальной инновационно-промышленной, научно-технологической и финансовой политики.

Ключевые слова: экологическая безопасность, региональная экономика, нефтегазовый регион, кластерное пространственное развитие, управление инновациями, промышленная трансформация

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00189, <https://rscf.ru/project/23-28-00189/>

Для цитирования: Беилин И.Л. Экономическая парадигма экологической безопасности нефтегазовых регионов. *Экономика промышленности*. 2024;17(4):388–400. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1357>

The economic paradigm of environmental safety of oil and gas regions

I.L. Beilin  

Russian State University of Justice (Kazan branch),
7A 2nd Azinskaya Str., Kazan, Republic of Tatarstan, 420088, Russian Federation

 i.beilin@rambler.ru

Abstract. High level of environmental safety of oil and gas regions is mainly achieved by solving the problems of economic efficiency of natural resource use and of management of the complex of federal and regional projects for improving methods of environmental protection and environmental management. The purpose of the study is to develop a systematic rational approach to innovative development of environmental safety of the regions specializing in oil and gas on the basis of their interregional cluster organization in the conditions when it is essential to achieve higher levels of technological sovereignty and the dominance of circular economy strategies and decarbonization in the transforming global fuel and energy balance. To achieve the goal stated the author has carried out a theoretical study of the prospects of innovative resource directions for the development of the regional oil and gas industry and greening of regional economic systems as well as territorial distribution of regional industrial infrastructure to perform green energy transfer; theoretical studies of institutional mechanisms of strategic spatial development of Russia on the basis of interregional industrial cluster integration using highly profitable oil and gas revenues to develop and implement innovative principles of improving the environmental and economic efficiency of the use of nature-like technologies, controlled environmental management, ESG factors, smart specialization of regions, local resource potential; regression analysis of dynamics and forecasting the volume of atmospheric pollution from stationary sources, the proportion of trapped and neutralized atmospheric pollutants from the total amount of gaseous pollutants emitted from stationary sources, as well as environment protection costs in the oil and gas regions; hierarchical clusterization of oil and gas regions by the amount of organizations applying innovations aimed at development of environmental safety, by material and energy flows, by reduction of CO₂ emissions and use safe or less hazardous raw materials, by reduction of the level of environmental pollution and the use of waste recycling technologies.

The research has been conducted on the example of the Volga Federal District where the oil and gas regions are represented by the subjects with the budget-forming petrochemical complex such as the Republic of Bashkortostan (RB), the Republic of Tatarstan (RT), the Udmurt Republic (UR), the Perm Territory (PT), the Orenburg Region (OR) and the Samara Region (SR). As a result of the study conducted the author developed the economic paradigm of environmental safety of oil and gas regions based on the application of principles of horizontal innovative and industrial, scientific, technological and financial policy.

Keywords: environmental safety, regional economics, oil and gas region, cluster spatial development, innovation management, industrial transformation

Acknowledgements: The research has been carried out at the expense of the Russian Scientific Foundation, No. 23-28-00189, <https://rscf.ru/project/23-28-00189/>

For citation: Beilin I.L. The economic paradigm of environmental safety of oil and gas regions. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2024;17(4):388–400. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1357>

油气区生态安全的经济范式

I.L. 别伊林  

俄罗斯国立司法大学（喀山分校）、
420088，俄罗斯联邦鞑靼斯坦共和国喀山市第2阿津斯卡亚大街7A号

 i.beilin@rambler.ru

摘要：在石油和天然气地区实现高水平的环境安全，在很大程度上是通过解决利用自然资源的经济效率问题并管理一系列联邦和地区项目以改进环境保护和自然管理方法来实现的。本研究的目的是在需要实现更高水平的技术主权以及循环经济和去碳化战略在改变全球燃料和能源平

衡方面占据主导地位的背景下，基于区域间集群组织，为石油和天然气地区的环境安全创新发展制定系统合理的方法。为了实现这一目标，开展了以下工作：对区域石油和天然气工业创新-资源领域的发展和区域生态系统生态化的前景，以及为实现绿色能源转型而进行的区域工业基础设施的地域分配进行了理论研究；在区域间工业集群一体化的基础上，对俄罗斯战略空间发展的体制机制进行了理论研究，利用高利润的石油和天然气收入制定和实施创新原则，以提高利用类自然技术、环境管理、ESG 因素、区域智能专业化、当地资源潜力的环境和经济效率；对固定源大气污染量、固定源大气污染捕获量、捕获和中和的大气污染占固定污染源排放的气态污染物总量的比例、以及石油和天然气专业化地区保护自然环境成本的动态和预测进行回归分析；按照使用创新技术的组织的数量对石油和天然气区域进行分层聚类，这些创新技术旨在提高材料和能源流方面的环境安全、减少二氧化碳排放、使用安全或危害较小的原材料、减少环境污染和使用废物回收技术。该研究以伏尔加河沿岸联邦区为例，该联邦区的油气区是以石化综合体为财政支柱的联邦主体，如巴什基尔共和国 (RB)、鞑靼斯坦共和国 (RT)、乌德穆尔特共和国 (UR)、彼尔姆边疆区 (PK)、奥伦堡州 (OO) 和萨马拉州 (SO)。研究结果是在利用横向创新——工业、科技和财政政策原则的基础上，开发了一种改善石油和天然气地区环境安全的经济范式。

关键词：环境安全、区域经济、石油天然气地区、集群空间发展、创新管理、产业转型

致谢：本研究由俄罗斯科学基金会资助，编号 23-28-00189，<https://rscf.ru/project/23-28-00189/>

Введение

Поддержание баланса между повышением темпов экономического роста и сохранением естественных условий среды обитания может быть обеспечено в результате использования научно обоснованных критериев и нормативной базы эколого-экономического фундамента хозяйственной деятельности с учетом принципов устойчивого развития. Экономически эффективное использование минерально-сырьевых ресурсов в нефтегазовых регионах требует разработки методологий их инклюзивного производственного развития с учетом комплексной территориальной эколого-экономической оценки и развития методов управления механизмами экологизации региональной экономики. Вместе с этим крайне важна также экономическая целесообразность межрегиональной кластерной организации развития экологической безопасности нефтегазовых регионов, с использованием значительного потенциала существующей в этих регионах нефтегазохимической промышленности и связанных с ней других отраслей, что способствует формированию пространственного организационно-экономического механизма рационального извлечения и переработки природных ресурсов и их восстановления.

Предметом исследования является система экономических отношений между органами федерального и регионального управления и производственными организациями нефтегазового комплекса в процессе формирования экологически безопасной инновационной промышленной политики.

Под инновационным развитием экологической безопасности в контексте данного иссле-

дования понимается реализация региональных и отраслевых программ и проектов, направленных на снижение негативного промышленного воздействия на окружающую природную среду на основе научно-технических достижений и эффективных экономических механизмов их поддержки. К инновациям в экологической безопасности можно отнести новые рентабельные технологии в области ресурсоэффективности и энергосбережения, снижения выброса CO₂ и использования безопасного или менее опасного сырья и материалов, снижения уровня загрязнения внешней среды с применением принципов рециркуляции отходов. Согласно современным научным подходам к исследованию региональной экономики под умной специализацией регионов понимается концентрация промышленных и финансовых региональных активов на наиболее перспективных направлениях экономического развития данного региона с целью максимального раскрытия его инновационного потенциала.

Теоретический обзор

Экологическая безопасность нефтегазовой промышленности регионов «старой» добычи может быть обеспечена в результате разработки и рентабельного использования природоподобных технологий, решения экономических и технологических проблем рациональной утилизации попутного нефтяного газа, совершенствования теоретических и методологических подходов к геолого-экономической оценке нефтегазовых ресурсов [1–3]. Это представляется наиболее реализуемым при межрегиональной кооперации нефтегазовых компаний по кластерному принципу, а максимально удобным критерием кластериза-

ции, учитывая различия их форм собственности и территориального охвата, являются параметры налоговой нагрузки с учетом инновационно-ресурсной эффективности регионального промышленного развития и направлений реализации «зеленой» повестки национальной экономической системы [4–6]. Перспективные пути преодоления барьеров «зеленого» промышленного энергоперехода при качественных и количественных особенностях российских минерально-сырьевых запасов и их распределения лежат в области решения проблем экологизации региональных экономических процессов и развития инновационной инфраструктуры нефтегазовых регионов на основе совершенствования институциональных механизмов управляемого природопользования [7–10]. Значение инклюзивной институциональной среды для экономического роста при использовании принципов замкнутого цикла отражается мультипликативными эффектами и индексами системного баланса нефтегазовой отрасли как индикаторами устойчивого регионального производственного развития [11–13].

Институты стратегического планирования регионального инновационного и производственного развития в новой реальности учитывают особенности экономико-правового и эколого-экономического регулирования автономной внешнеторговой политики регионов и являются координирующими и сдерживающими факторами нарушения региональной экономической сбалансированности под воздействие трансформации глобального топливно-энергетического баланса [14–17]. Так называемый в ряде научных исследований институциональный код роста конкурентоспособности научно-технологической сферы индустриальных регионов на основе запуска процессов совершенствования их «умной» специализации способен обеспечить региональную инвестиционную безопасность, в условиях достижения высоких уровней импортозамещения, являющуюся важным фактором российской межрегиональной дифференциации [18–21]. Проблемы снижения издержек и достижения преимуществ конфронтации санкционному давлению на национальную экономическую систему имеют эффективные решения в плоскости вовлечения ESG-факторов в государственное управление регионами нефтегазовой промышленной специализации, кластерная организация которых в экономически перспективные макрорегионы на основе принципов экологической безопасности должна являться существенным компонентом стратегии пространственного российского развития [22–24]. Экономические результаты

межрегиональной интеграции являются важным критерием успешности проектов стратегического планирования регионов и национального пространственного развития в целях обеспечения надежной экологической безопасности на основе тенденций практик инициативного бюджетирования и формирования локального ресурсного потенциала с учетом наносимого ущерба природной среде деятельностью по добыче и переработке углеводородных ресурсов в нефтегазовых регионах [25–28].

Кластерное межрегиональное территориальное устройство под возрастающим влиянием новой технологически суверенной эколого-экономической политики вызывает потребность в совершенствовании методов разработки нефтегазовых месторождений, что требует развития методологии сценарного моделирования и прогнозирования воспроизводства основных фондов как в деятельности по добыче полезных ископаемых, где наблюдается наибольшая их степень износа, так и в обрабатывающей промышленности нефтегазовых регионов [29–31]. Результатом перехода к экономической парадигме межрегиональной кластерной организации развития экологической безопасности нефтегазовых регионов может стать рациональная трансформация региональной промышленной инфраструктуры с ускорением динамики научно-технологического развития на основе инновационного потенциала собственной материально-технической базы и пространственных преимуществ бюджетной самостоятельности региональных экономических систем и процессов [32–34].

Регрессионный анализ объемов атмосферных загрязнений и затрат на охрану окружающей природной среды нефтегазовых регионов

Исследование методологических подходов к управлению производственным развитием нефтегазовых регионов с учетом инновационных принципов экологической безопасности целесообразно проводить на основе анализа особенностей динамики и прогноза объемов атмосферных загрязнений стационарными источниками, экономических затрат на их улавливание и обезвреживание, а также на охрану окружающей природной среды [35]. К атмосферным загрязнениям относятся выбросы в атмосферный воздух неблагоприятных для здоровья человека и природной среды компонентов после их недостаточной очистки и улавливания на пылегазоочистных производственных сооружениях и оборудовании или при отсутствии необходимых мер

по обезвреживанию газообразных выбросов на неорганизованных источниках загрязнений. Во всех случаях используются селективные технологии оценки содержания атмосферных выбросов по их агрегатному состоянию и ингредиентному составу, которые оказывают определенное влияние на площадь рассеяния и комплекс токсических, биологических их других вредных и опасных свойств, соответственно (рис. 1–4).

Если средний объем атмосферных загрязнений стационарными источниками нефтегазовых регионов в натуральном выражении существен-

но выше среднего значения этого показателя по всем регионам округа, то количество обезвреженных газообразных выбросов по обеим наблюдаемым выборкам практически одинаково. Соответственно, представляется ожидаемой значительно меньшая доля уловленных и обезвреженных атмосферных загрязнений в процентном выражении от общего количества выбрасываемых газообразных загрязняющих веществ стационарными источниками нефтегазовых регионов по сравнению со средним показателем всех регионов округа. Следует отметить прогнозное

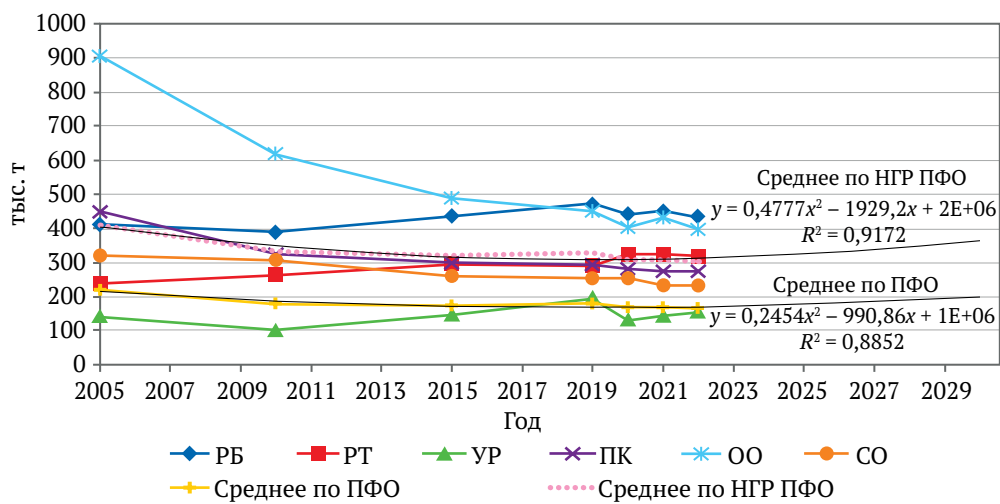


Рис. 1. Динамика и прогноз атмосферных загрязнений стационарными источниками нефтегазовых регионов ПФО [36]

Fig. 1. Dynamics and forecast of atmospheric pollution from stationary sources in the oil and gas regions of the Volga Federal District [36]

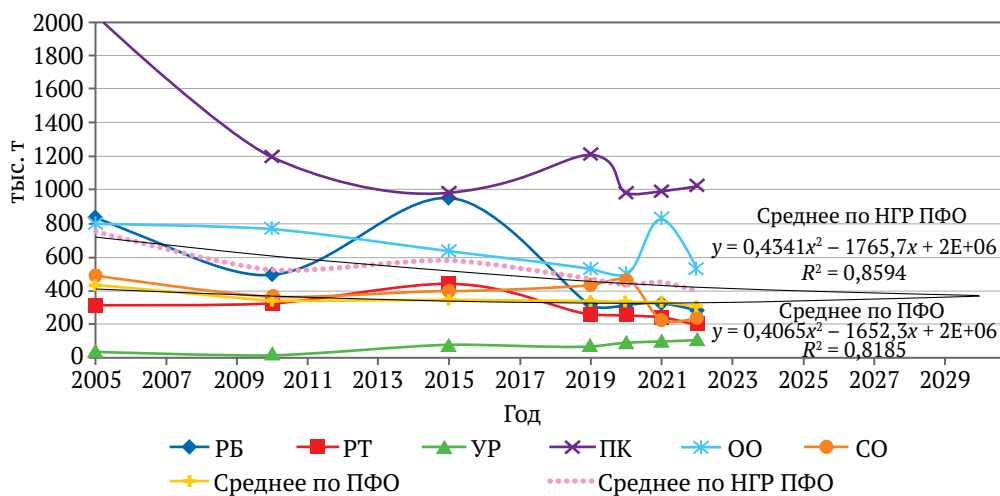


Рис. 2. Динамика и прогноз улавливания атмосферных загрязнений от стационарных источников нефтегазовых регионов ПФО

Fig. 2. Dynamics and forecast of atmospheric pollution capture from stationary sources of oil and gas regions of the Volga Federal District

расширение интервала между линиями тренда на рис. 3 за счет, преимущественно, более интенсивного снижения наблюдаемого показателя в нефтегазовых регионах, что может быть обусловлено очень низкими показателями Удмуртской Республики. При этом необходимо принять во внимание исключительно низкую величину достоверности аппроксимации по обеим линиям тренда, которые по характеру кривых были представлены в полиномиальном виде и могут свидетельствовать об отсутствии общей эффективной

экономической политики регионов наблюдаемого федерального округа по «зеленой» повестке.

При этом по динамике и прогнозу затрат на охрану окружающей природной среды в регионе можно заключить, что проблема заключается не в дисбалансе расходов финансовых средств, которые выделяются практически пропорционально величине валового регионального продукта и объемам добываемых и перерабатываемых нефтегазовых ресурсов. Отсутствие общей эффективной экономической политики нефтегазовых

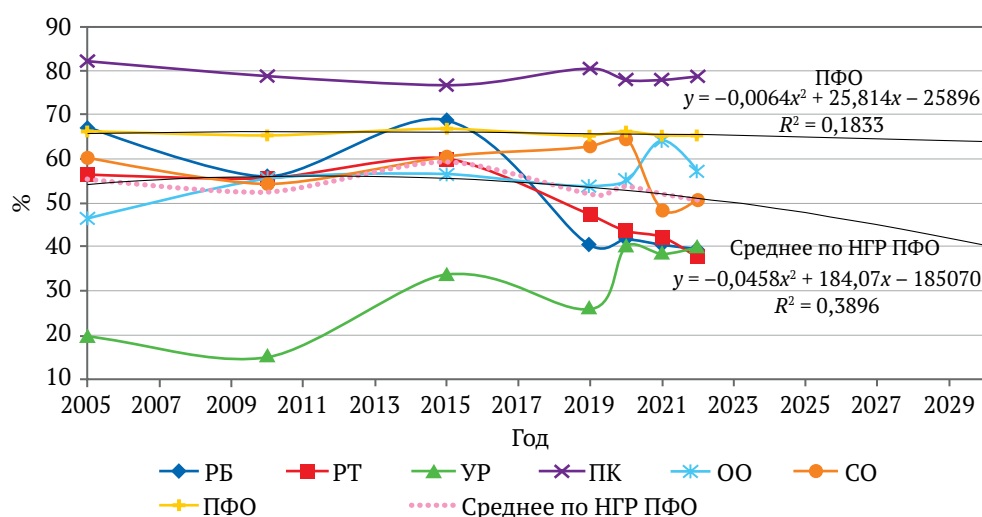


Рис. 3. Динамика и прогноз доли уловленных и обезвреженных атмосферных загрязнений от общего количества выбрасываемых газообразных загрязняющих веществ стационарными источниками нефтегазовых регионов ПФО

Fig. 3. Dynamics and forecast of the share of captured and neutralized atmospheric pollutants from the total amount of emitted gaseous pollutants by stationary sources of oil and gas regions of the Volga Federal District

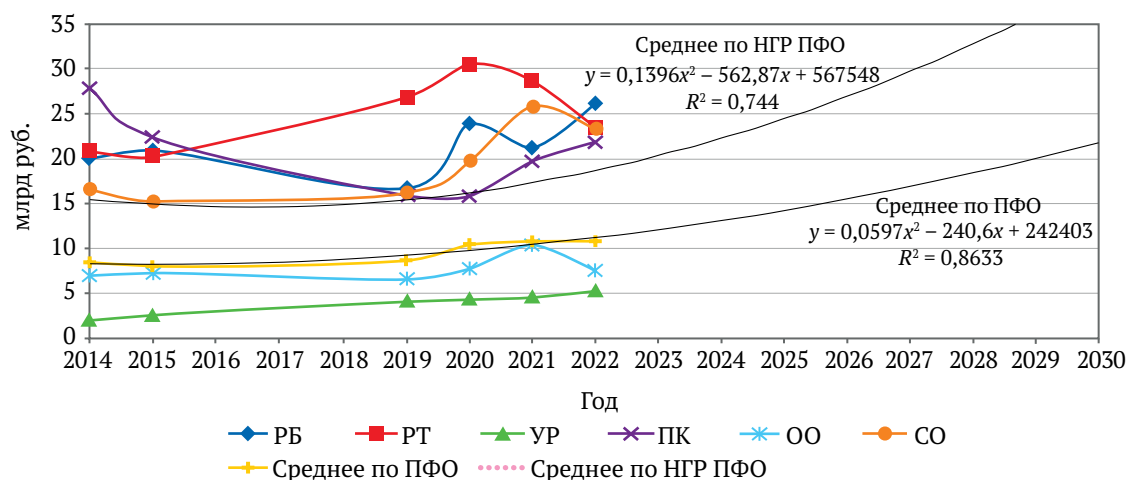


Рис. 4. Динамика и прогноз затрат на охрану окружающей природной среды нефтегазовых регионов ПФО

Fig. 4. Dynamics and forecast of costs for environmental protection in oil and gas regions of the Volga Federal District

регионов в парадигме циркулярной экономики и декарбонизации, учитывая возрастание ее актуальности, может быть восполнено механизмами межрегиональной кластерной организации инновационной деятельности, направленной на развитие экологической безопасности, в том числе на основе научно-технологических достижений и возможностей действующих в ряде регионов территориальных инновационных нефтегазохимических кластеров.

Иерархическая кластеризация нефтегазовых регионов по количеству организаций, использующих инновации, направленные на развитие экологической безопасности

Основными механизмами экономической парадигмы инновационного развития экологической безопасности нефтегазовых регионов могут быть процессы взаимодействия и взаимного дополнения институциональной, инвестиционной и научно-технологической поддержки направлений решения задач циркулярной экономики и декарбонизации. Объединение этих концепций в единые программы развития способно создать комплексные экономические эффекты ресурсоэффективности и энергосбережения, для достижения которых необходима межрегиональная кластерная производственная интеграция, обусловленная похожими проблемами добычи и переработки трудноизвлекаемых нефтегазовых ресурсов на территориях «старой» добычи, рационального использования попутного нефтяного газа, загрязнения окружающей природной среды. Такие межрегиональные кооперационные связи могут быть организованы с использованием доходов высокорентабельного нефтегазового бизнеса и обеспечить системный характер решения задач экологической безопасности (табл. 1, рис. 5).

Согласно полученным результатам инновационная активность организаций в области снижения материальных затрат и снижения затрат энергии, которая лежит в основе развития принципов циркулярной экономики и декарбонизации, может быть организована в три межрегиональных кластера в порядке возрастания степени различия: Удмуртская Республика – Пермский край (11,8), Республика Башкортостан – Самарская область (16,4), Республика Татарстан – Оренбургская область (26,8). Следующим важным индикатором инновационного развития экологической безопасности нефтегазовых регионов на основе механизмов циркулярной экономики и декарбонизации может являться межрегиональная кооперация орга-

низаций, использующих инновационные технологии снижения выбросов CO₂ в атмосферу и достижения высоких уровней потребления безопасного или менее опасного сырья и материалов (табл. 2, рис. 6).

Таблица 1 / Table 1

Доля организаций нефтегазовых регионов ПФО, которые используют инновации в области ресурсоэффективности и энергосбережения в общем числе организаций, развивающих экологические инновации

The share of organizations in the oil and gas regions of the Volga Federal District that use innovations in the field of resource efficiency and energy conservation in the total number of organizations developing environmental innovations

Номер региона в иерархической кластеризации	Регион	Снижение материальных затрат, %	Снижение затрат энергии, %
1	Республика Башкортостан	31,3	50,0
2	Республика Татарстан	63,3	66,7
3	Удмуртская Республика	17,6	17,6
4	Пермский край	17,6	29,4
5	Оренбургская область	40,0	80,0
6	Самарская область	40,7	37,0

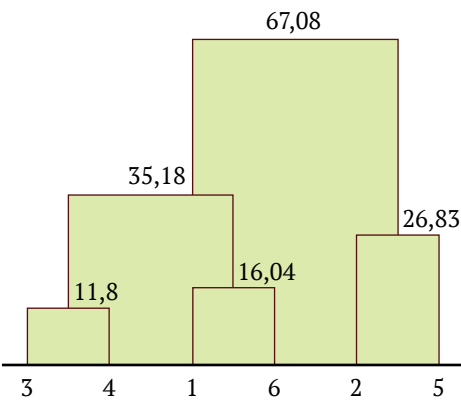


Рис. 5. Результаты иерархической кластеризации нефтегазовых регионов ПФО по организациям, которые используют инновации в области ресурсоэффективности и энергосбережения

Fig. 5. Results of hierarchical clustering of oil and gas regions the Volga Federal District by organizations that use innovations in the field of resource efficiency and energy conservation

Таблица 2 / Table 2

Доля организаций нефтегазовых регионов ПФО, которые используют инновации в области снижения выбросов CO₂ в атмосферу и достижения высоких уровней потребления безопасного или менее опасного сырья и материалов в общем числе организаций, развивающих экологические инновации

The share of organizations in the oil and gas regions of the Volga Federal District that use innovations in the field of reducing CO₂ emissions into the atmosphere and achieving high levels of consumption of safe or less hazardous raw materials and materials in the total number of organizations developing environmental innovations

Номер региона в иерархической кластеризации	Регион	Снижение выбросов CO ₂ в атмосферу, %	Потребление безопасного или менее опасного сырья и материалов, %
1	Республика Башкортостан	18,8	31,3
2	Республика Татарстан	40,0	50,0
3	Удмуртская Республика	23,5	23,5
4	Пермский край	11,8	17,6
5	Оренбургская область	20,0	20,0
6	Самарская область	25,9	29,6

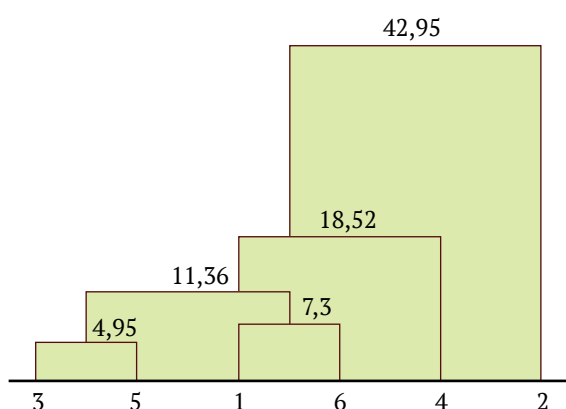


Рис. 6. Результаты иерархической кластеризации нефтегазовых регионов ПФО по организациям, которые используют инновации в области снижения выбросов CO₂ в атмосферу и достижения высоких уровней потребления безопасного или менее опасного сырья и материалов

Fig. 6. Results of hierarchical clustering of oil and gas regions the Volga Federal District by organizations that use innovations in the field of reducing CO₂ emissions into the atmosphere and achieving high levels of consumption of safe or less hazardous raw materials and materials

В этом случае представляется целесообразной межрегиональная кооперация Удмуртская Республика – Оренбургская область (4,95), Республика Башкортостан – Самарская область (7,3). Следует отметить, что по организациям, которые используют инновации в области снижения выбросов CO₂ в атмосферу и достижения высоких уровней потребления безопасного или менее опасного сырья и материалов возможна кластерная кооперация пяти рассматриваемых нефтегазовых регионов с невысокой степенью различия (18,5) за исключением Республики Татарстан. Данный регион отличается от остальных наиболее высокой инновационной активностью по рассматриваемым критериям (40 и 50 % соответственно), что может объясняться, вероятно, наиболее высокими доходами нефтегазовой отрасли этого субъекта. Это, в свою очередь, обусловлено наибольшими объемами добычи нефти Республики Татарстан в Приволжском федеральном округе и высокой технологичностью нефтегазовых компаний «Татнефть» и «Таиф».

Третьей составляющей экономической парадигмы инновационного развития экологической безопасности нефтегазовых регионов на основе принципов концепций циркулярной экономики и декарбонизации может быть межрегиональная кооперация инновационно активных организаций в области уменьшения загрязнения воздуха, земельных и водных ресурсов, уровня шума и вторичной переработка (рециркуляции) отходов производства и производственных сточных вод (табл. 3, рис. 7).

В рассмотренном третьем варианте интеграции нефтегазовых регионов можно отметить возможность кластерной кооперации между Республикой Татарстан и Пермским краем (степень различия 11,1) и целесообразность включения в состав данного кластера Самарской области (18,8).

Разработанный методологический подход к организации горизонтальной межрегиональной промышленной политики на основе инновационной активности организаций по всем трем парам показателей, характеризующих развитие концепций циркулярной экономики и декарбонизации, является селективным инструментом экономической парадигмы инновационного развития экологической безопасности нефтегазовых регионов. Эффективным результатом использования такого инструментария может быть выравнивание дисбалансов в обеспечении экологической безопасности нефтегазовых регионов, обнаруженных при регрессионном анализе объемов улавливания атмосферных загрязнений

и их доли в общем количестве выбрасываемых газообразных загрязняющих веществ стационарными источниками, а также затрат на охрану окружающей природной среды.

Дискурс о целесообразности межрегиональной кооперации между Республикой Башкортостан и Республикой Татарстан под влиянием существующих на их территориях инновационных промышленных нефтегазохимических кластеров не находит отклика в результатах ни одного из трех представленных вариантов исследования. В то же время, использование разработанного методологического подхода открывает перспективы нефтегазовых регионов в инновационном развитии экологической безопасности на основе выработки единой экономической политики в парадигме циркулярной экономики и декарбонизации.

Таблица 3 / Table 3

Доля организаций нефтегазовых регионов ПФО, которые используют инновации в области уменьшения загрязнения воздуха, земельных и водных ресурсов, уровня шума и вторичной переработка (рециркуляции) отходов производства и производственных сточных вод в общем числе организаций, развивающих экологические инновации

The share of organizations in the oil and gas regions of the Volga Federal District that use innovations in the field of reducing air pollution, land and water resources, noise levels and recycling of production waste and industrial wastewater in the total number of organizations developing environmental innovations

Номер региона в иерархической кластеризации	Регион	Уменьшение загрязнения воздуха, земельных и водных ресурсов, уровня шума, %	Вторичная переработка (рециркуляция) отходов производства и производственных сточных вод, %
1	Республика Башкортостан	68,8	62,5
2	Республика Татарстан	73,3	40,0
3	Удмуртская Республика	82,4	17,6
4	Пермский край	76,5	29,4
5	Оренбургская область	40,0	20,0
6	Самарская область	59,3	37,0

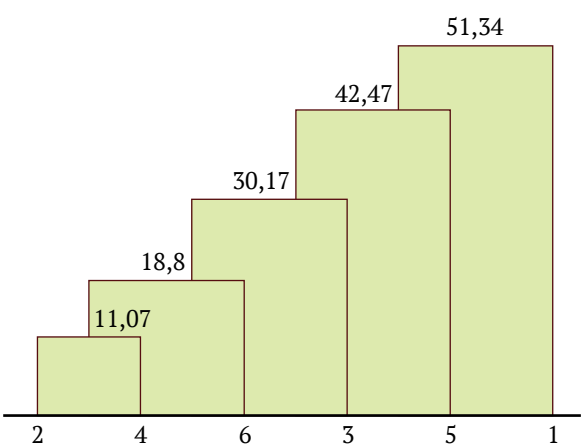


Рис. 7. Результаты иерархической кластеризации нефтегазовых регионов ПФО по организациям, которые используют инновации в области уменьшения загрязнения воздуха, земельных и водных ресурсов, уровня шума и вторичной переработка (рециркуляции) отходов производства и производственных сточных вод
Fig. 7. Results of hierarchical clustering of oil and gas regions the Volga Federal District by organizations that use innovations in the field of reducing air pollution, land and water resources, noise levels and recycling of industrial waste and industrial wastewater

Заключение

Эколого-экономическая политика регионов нефтегазовой отраслевой специализации с учетом обоснования социально-экономических эффектов от инновационного развития экологической безопасности на федеральном и региональных уровнях может быть организована на основе имитационных моделей управленческих решений для достижения оптимальных сценариев трансформации социо-эколого-экономических систем под влиянием меняющихся соотношений добычи и переработки нефтегазовых ресурсов. Широкое вовлечение механизмов использования высокорентабельных нефтегазовых доходов способно обеспечить формирование межрегиональных интеграционных организационно-экономических процессов развития инвестиционной привлекательности охраны окружающей среды, а также процессов страхования и перераспределения экологических рисков. Экономические методы управления государственными стратегиями внедрения в региональной нефтегазовой промышленности принципов ресурсосбережения и энергоэффективности требует использования вторичного сырья межотраслевыми комплексами и разработки сценариев трансформации глобальных энергетических рынков.

Межрегиональная кластерная организация инновационного развития экологической безопасности нефтегазовых регионов может быть реализована на основе создания обоснованной системы платежей и разработки инструментов привлечения промышленных предприятий к реализации экологически значимых проектов по компенсации нарушения равновесия окружающей среды, инвестирования в технологии секвестрации парниковых газов в выработанные нефтегазовые месторождения. Перспективными задачами межрегионального экономического развития под влиянием промышленной детерминанты бюджетообазующей нефтегазовой, в том числе как вклада в национальную экономику, является

формирование стратегий повышения рентабельности активов и продукции предприятий в результате их экологизации с учетом перспективных направлений глобальной экологической повестки, таких как углеродный рынок, декарбонизация, циркулярная экономика и других.

Дальнейшие направления исследования находятся в области разработки теоретико-методологических подходов к управлению балансом технологических и воспроизводственных инновационных инвестиций для роста фондоотдачи регионального основного капитала и институциональными трансформациями в первичных и агрегированных промышленных структурах региона нефтегазовой специализации.

Список литературы / References

1. Эдер Л.В., Пыстина Н.Б., Теребнев А.В., Хохлачев Н.С., Червякова О.П. Природоподобные технологии – основа экологического развития нефтегазовой промышленности. *Газовая промышленность*. 2022;(1(827)):82–91. Eder L.V., Pystina N.B., Terebnev A.V., Khokhachev N.S., Chervyakova O.P. Nature-like technologies as the basis of ecological development of the oil and gas industry. *Gazovaya promyshlennost' = Gas Industry Journal*. 2022;(1(827)):82–91. (In Russ.)
2. Эдер Л.В., Проворная И.В., Филимонова И.В. Проблема рационального использования попутного нефтяного газа в России. *География и природные ресурсы*. 2019;(1):14–20. Eder L.V., Provornaya I.V., Filimonova I.V. The problem of rational use of associated petroleum gas in Russia. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*. 2019;(1):14–20. (In Russ.)
3. Филимонова И.В., Эдер Л.В., Проворная И.В., Юва Д.С. Развитие теории и методологии геолого-экономической оценки ресурсов углеводородов. *Вестник Томского государственного университета. Экономика*. 2018;(43):5–20. <https://doi.org/10.17223/19988648/43/1> Filimonova I.V., Eder L.V., Provornaya I.V., Yuva D.S. Development of the theory and methodology of geological and economic estimation of hydrocarbon resources. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika = Tomsk State University Journal of Economic*. 2018;(43):5–20. (In Russ.). <https://doi.org/10.17223/19988648/43/1>
4. Филимонова И.В., Эдер Л.В., Проворная И.В., Комарова А.В. Кластерный анализ компаний нефтяной промышленности по параметрам налоговой нагрузки. *Экономика промышленности*. 2018;11(4):377–386. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2018-4-377-386> Filimonova I.V., Eder L.V., Provornaya I.V., Komarova A.V. Cluster analysis of the companies of the oil industry for the parameters of the tax load. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2018;11(4):377–386. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2018-4-377-386>
5. Крюков В.А., Токарев А.Н. Инновационно-ресурсные направления развития промышленности: пример юга Тюменской области. *Проблемы прогнозирования*. 2023;(1(96)):42–52. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-196-42-52> Kryukov V.A., Tokarev A.N. Innovative-resource directions of industrial development: the example of the south of the Tyumen region. *Studies on Russian Economic Development*. 2023;34(1):25–32. <https://doi.org/10.1134/S1075700723010100>
6. Лаврикова Ю.Г., Бучинская О.Н., Вегнер-Козлова Е.О. Детерминация и обоснование направлений «зеленого» роста в РФ. *Ученые записки Международного банковского института*. 2023;(1(43)):84–100. Lavrikova Yu.G., Buchinskaya O.N., Wegner-Kozlova E.O. Determination and justification of the “green” growth directions in the Russian Federation. *Uchenye zapiski Mezhdunarodnogo bankovskogo instituta = Proceedings of the International Banking Institute*. 2023;(1(43)):84–100. (In Russ.)
7. Лаврикова Ю.Г., Бучинская О.Н., Вегнер-Козлова Е.О. Зеленый энергопереход российской промышленности: барьеры и пути преодоления. *AlterEconomics*. 2022;19(4):638–662. <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.5> Lavrikova Yu.G., Buchinskaya O.N., Wegner-Kozlova E.O. Green energy transition of the Russian industry: barriers and ways to overcome them. *AlterEconomics*. 2022;19(4):638–662. (In Russ.). <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.5>
8. Lavrikova Yu.G., Buchinskaya O.N., Wegner-Kozlova E.O. Greening of regional economic systems within the framework of sustainable development goals. *Economy of Regions*. 2021;17(4):1110–1122. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-4-5>

9. Lavrikova Ju.G., Suvorova A.V. Spatial aspects of regional infrastructure distribution (the case of Sverdlovsk region). *R-Economy*. 2019;5(4):155–167. <https://doi.org/10.15826/recon.2019.5.4.016>
10. Лаврикова Ю.Г., Семьячков А.И., Гао Ж. Теоретические основы экономического и институционального механизмов управляемого природопользования. *Russian Journal of Management*. 2021;9(1):111–115. <https://doi.org/10.29039/2409-6024-2021-9-1-111-115>
Lavrikova Yu., Semyachkov A., Gao Zh. Theoretical basis of economic and administrative mechanisms of controlled nature use. *Russian Journal of Management*. 2021;9(1):111–115. (In Russ.). <https://doi.org/10.29039/2409-6024-2021-9-1-111-115>
11. Клейнер Г.Б. Инклюзивный рост в экономике замкнутого цикла. *Экономическое возрождение России*. 2022;(3(73)):37–44. <https://doi.org/10.37930/1990-9780-2022-3-73-37-44>
Kleiner G.B. Inclusive growth in a circular economy. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii = Economic Revival of Russia*. 2022;(3(73)):37–44. (In Russ.). <https://doi.org/10.37930/1990-9780-2022-3-73-37-44>
12. Стеблянская А.Н., Мингье А., Ефимова О.В., Клейнер Г.Б., Рыбачук М.А. Мультикапитальный подход для устойчивого роста: опыт нефтегазовых компаний. *Финансы: теория и практика*. 2022;26(4):29–43. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2022-26-4-29-43>
Steblyanskaya A.N., Mingye A., Efimova O.V., Kleiner G.B., Rybachuk M.A. Multi-capital approach for sustainable growth: experience from the oil & gas companies. *Finance: Theory and Practice*. 2022;26(4):29–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2022-26-4-29-43>
13. Клейнер Г.Б., Рыбачук М.А., Стеблянская А.Н. Индекс системной сбалансированности как индикатор устойчивости роста российской газовой промышленности. *Финансы: теория и практика*. 2021;25(4):37–47. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2021-25-4-37-47>
Kleiner G.B., Rybachuk M.A., Steblyanskaya A.N. System balance index as an indicator of the Russian gas industry's sustainable growth. *Finance: Theory and Practice*. 2021;25(4):37–47. (In Russ.). <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2021-25-4-37-47>
14. Bochko V.S. Economic autonomy of regions in the new reality. *R-Economy*. 2016;2(2):180–193. <https://doi.org/10.15826/recon.2016.2.2.016>
15. Bochko V.S. Accelerators and deterrents to the coordinated and balanced development of the regions. *R-Economy*. 2015;1(1):34–46.
16. Вольчик В.В., Пантеева С.А., Ширяев И.М. Институт региональных стратегий в российской инновационной системе. *Journal of Institutional Studies*. 2022;14(3):6–30.
Volchik V.V., Panteeva S.A., Shiryayev I.M. Institute of regional strategies in the Russian innovation system. *Journal of Institutional Studies*. 2022;14(3):6–30. (In Russ.).
17. Берсенёв В.Л. Особенности правового регулирования деятельности по обеспечению эколого-экономической безопасности на региональном уровне. *Oeconomia et Jus*. 2018;(1):23–41.
Bersenyov V. Features of legal regulation of activities for ensuring ecological-economic security at a regional level. *Oeconomia et Jus*. 2018;(1):23–41. (In Russ.).
18. Мыслякова Ю.Г. Трансформация институционального кода экономического развития индустриальных регионов в контексте научно-технологического подхода. *Экономика и управление*. 2023;29(11):1284–1296. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-11-1284-1296>
Myslyakova Yu.G. Transformation of the institutional code of economic development of industrialized regions in the context of scientific and technological approach. *Economics and Management*. 2023;29(11):1284–1296. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-11-1284-1296>
19. Myslyakova Yu.G., Shamova E.A., Neklyudova N.P. Key steps to smart specialization development of Russian regions. *R-Economy*. 2021;7(2):123–132. <https://doi.org/10.15826/recon.2021.7.2.011>
20. Власов М.В. Инвестиционная безопасность региона как один из факторов межрегиональной дифференциации в РФ. *Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление*. 2019;18(4):556–575.
Vlasov M.V. Investment security of the region as one of factors of interregional differentiation in the Russian Federation. *Vestnik UrFU. Seriya: Ekonomika i upravlenie*. 2019;18(4):556–575. (In Russ.).
21. Сафиуллин М.Р., Гатауллина А.А., Ельшин Л.А. Направления импортозамещения региона в условиях санкционного давления: пример Республики Татарстан. *Управленец*. 2023;14(5):59–82. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2023-14-5-5>
Safiullin M.R., Gataullina A.A., Elshin L.A. Regional import substitution policy amid economic sanctions: The case of the Republic of Tatarstan. *Upravlenets = The Manager*. 2023;14(5):59–82. (In Russ.). <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2023-14-5-5>
22. Сафиуллин М.Р., Ельшин Л.А. Санкционное давление на экономику России: пути преодоления издержек и выгоды конфронтации в рамках импортозамещения. *Финансы: теория и практика*. 2023;27(1):150–161. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2023-27-1-150-161>
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;27(1):150–161. (In Russ.). <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2023-27-1-150-161>
23. Третьякова Е.А. Раскрытие ESG-факторов в нефинансовой отчетности российских нефтегазовых

- компаний. ЭКО. 2022;(9(579)):130–148. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2022-9-130-148>
- Tretiakova E.A. Disclosure of ESG-factors in the non-financial reporting of Russian oil and gas companies. ECO. 2022;(9(579)):130–148. (In Russ.). <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2022-9-130-148>
24. Козыр Н.С. Перспективные экономические специализации макрорегионов как ключевая недоработка стратегии пространственного развития России. *Ars Administrandi (Искусство управления)*. 2023;15(1):103–124. <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2023-1-103-124>
Kozyr' N.S. Prospective economic specializations of macroregions as a key flaw in the strategy of spatial development of Russia. *Ars Administrandi*. 2023;15(1):103–124. (In Russ.). <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2023-1-103-124>
 25. Антипин И.А., Власова Н.Ю., Иванова О.Ю. Стратегическое планирование регионов Российской Федерации: вопросы пространственного развития. *Управленец*. 2023;14(6):50–62. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2023-14-6-4>
Antipin I.A., Vlasova N.Yu., Ivanova O.Yu. Strategic planning in Russian regions: Spatial development issues. *Upravlenets = The Manager*. 2023;14(6):50–62. (In Russ.). <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2023-14-6-4>
 26. Антипин И.А., Власова Н.Ю., Новикова Н.В. Инициативное бюджетирование – тенденции развития в Российских регионах и проблемы оценки: кейс Свердловской области. *Ars Administrandi (Искусство управления)*. 2023;15(4):722–738. <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2023-4-722-738>
Antipin I.A., Vlasova N.Yu., Novikova N.V. Participatory budgeting – Development trends in Russian regions and assessment problems: The case of the Sverdlovsk Region. *Ars Administrandi*. 2023;15(4):722–738. (In Russ.). <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2023-4-722-738>
 27. Владыка М.В., Стрябкова Е.А., Третьякова М.С. Особенности регионального развития России на основе формирования локального ресурсного потенциала. *Экономика. Информатика*. 2023;50(2):235–247. <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2023-50-2-235-247>
Vladyka M.V., Stryabkova E.A., Tretyakova M.S. Features of Russia's regional development based on the formation of local resource potential. *Economics. Information Technologies*. 2023;50(2):235–247. (In Russ.). <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2023-50-2-235-247>
 28. Курушина Е.В., Петров М.Б. Критерии успешности проектов пространственного развития на основе межрегиональной интеграции. *Экономика региона*. 2018;14(1):176–189. <https://doi.org/10.17059/2018-1-14>
Kurushina E.V., Petrov M.B. Performance criteria of spatial development projects based on interregional integration. *Ekonomika regiona = Economy of Regions*. 2018;14(1):176–189. (In Russ.). <https://doi.org/10.17059/2018-1-14>
 29. Курушина Е.В., Кухарская Н.И., Дружинина И.В. Совершенствование методики выбора рационального варианта разработки нефтегазового месторождения с позиции устойчивого развития. *Вестник Академии знаний*. 2023;(4(57)):163–167.
Kurushina E.V., Kukharskaya N.I., Druzhinina I.V. Improving the methodology for choosing a rational option for developing an oil and gas field from the standpoint of sustainable development. *Vestnik Akademii znanii = Bulletin of the Academy of Knowledge*. 2023;(4(57)):163–167. (In Russ.)
 30. Курушина Е.В. Пространственный аспект методологии кластерного подхода в условиях новой экономической политики. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент*. 2022;16(2):35–42. <https://doi.org/10.14529/em220203>
Kurushina E.V. Spatial aspect of the cluster approach in the context of the new economic policy. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i menedzhment = Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management*. 2022;16(2):35–42. (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/em220203>
 31. Наумов И.В., Никулина Н.Л. Сценарное моделирование и прогнозирование степени износа основных фондов предприятий обрабатывающей промышленности в регионах России. *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2022;15(4):155–171. <https://doi.org/10.15838/esc.2022.4.82.10>
Naumov I.V., Nikulina N.L. Scenario modeling and forecast of the degree of depreciation of fixed assets at manufacturing enterprises in Russia's regions. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2022;15(4):155–171. (In Russ.). <https://doi.org/10.15838/esc.2022.4.82.10>
 32. Наумов И.В., Красных С.С. Пространственное моделирование влияния научно-исследовательского потенциала на динамику научно-технологического развития регионов России. *Journal of Applied Economic Research*. 2023;22(3):630–656. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.026>
Naumov I.V., Krasnykh S.S. Spatial modeling of the influence of scientific research potential on the dynamics of scientific and technological development of Russian regions. *Journal of Applied Economic Research*. 2023;22(3):630–656. (In Russ.). <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.026>
 33. Наумов И.В., Никулина Н.Л. Пространственный анализ трансформации бюджетной самостоятельности и безопасности региональных систем. *Экономика региона*. 2021;17(3):1042–1056. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-3-23>
Naumov I.V., Nikulina N.L. Transformation of regional budgetary independence and security:

- spatial analysis. *Ekonomika regiona = Economy of Regions*. 2021;17(3):1042–1056. (In Russ.). <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-3-23>
34. Урасова А.А. Трансформация региональной промышленной структуры в условиях технологической эволюции. *Экономика промышленности*. 2022;15(2):198–205. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-2-198-205>
Urasova A.A. Transformation of regional industrial structure during technological evolution. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2022;15(2):198–205. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-2-198-205>
35. Беилин И.Л. Методологические подходы к развитию региона нефтегазовой специализации. Дисс. на соиск. уч. степ. д-ра экон. наук. СПб: СПбГЭ; 2024. 390 с.
36. Беилин И.Л. Новые экономические подходы к развитию горизонтальной межрегиональной промышленной политики под влиянием нефтегазовой отрасли. *Российский экономический журнал*. 2023;(4):59–77.
Beilin I.L. New economic approaches to development Horizontal interregional industrial policy influenced by the oil and gas industry. *Russian Economic Journal*. 2023;(4):59–77. (In Russ.).

Информация об авторе

Игорь Леонидович Беилин – д-р экон. наук, доцент, Российский государственный университет правосудия (Казанский филиал), 420088, Республика Татарстан, Казань, ул. 2-я Азинская, д. 7А, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5878-4915>; e-mail: i.beilin@rambler.ru

Information about the author

Igor L. Beilin – Dr.Sci. (Econ.), Associate Professor, Russian State University of Justice (Kazan branch), 7A 2nd Azinskaya Str., Kazan, Republic of Tatarstan 420088, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5878-4915>; e-mail: i.beilin@rambler.ru

Поступила в редакцию 01.07.2024; поступила после доработки 12.11.2024; принята к публикации 15.11.2024

Received 01.07.2024; Revised 12.11.2024; Accepted 15.11.2024

<https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1346>

Оперативное прогнозирование расхода топливного газа в газотранспортных обществах ПАО «Газпром»

А.А. Кудрявцев , С.Н. Ланин 

Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, Российская Федерация
 s.lanin@gmail.com

Аннотация. В современных условиях экономии энергетических ресурсов и повышения эффективности газотранспортных систем актуальной задачей является разработка подходов для повышения точности прогнозирования расхода топливного газа на компрессорных станциях. В статье анализируются подходы и алгоритмы прогнозирования объемов газа, необходимого для технологических и собственных нужд компрессорных станций при сжатии (сжатию) газа в газотранспортных обществах ПАО «Газпром». Представлена классификация расходов газа на технологические нужды и потери, подчеркивается значимость управления расходом топливного газа для оптимизации себестоимости транспортировки природного газа.

Цель исследования — разработка подхода к оперативному прогнозированию расхода топливного газа на компрессорных станциях газотранспортных обществ, который позволит повысить экономическую эффективность и снизить эксплуатационные затраты газотранспортного общества. Для достижения цели решены следующие задачи: анализ существующих методов прогнозирования, исследование способов обработки данных и выявления ошибок и аномалий, сравнение различных моделей регрессии для обеспечения высокой точности прогнозов.

В исследовании использованы методы очистки и предварительной обработки данных, включая метод изоляционного леса (Isolation Forest) для обнаружения аномалий, а также различные регрессионные модели, такие как множественная линейная регрессия, RandomForestRegressor, CatBoostRegressor и XGBoost. Для сегментации данных применен кластерный анализ (KMeans), что позволило повысить точность моделей. Точность прогнозов оценивалась с помощью *t*-теста, *F*-теста и метрики средней абсолютной процентной ошибки (MAPE).

Результаты исследования подтвердили высокую точность предложенного подхода, что свидетельствует о его потенциале для оптимизации топливных затрат в газотранспортных обществах.

Ключевые слова: газовая промышленность, природный газ, компрессорные станции, топливный газ, расход газа, оперативное прогнозирование расхода газа, модели регрессии, экономическая эффективность, оптимизация себестоимости, анализ аномалий, ПАО «Газпром»

Для цитирования: Кудрявцев А.А., Ланин С.Н. Оперативное прогнозирование расхода топливного газа в газотранспортных обществах ПАО «Газпром». *Экономика промышленности*. 2024;17(4):401–423. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1346>

Operative forecasting of fuel gas consumption in gas transportation companies

A.A. Kudryavtsev , S.N. Lanin 

St. Petersburg State University of Economics,
30-32 Griboedov Canal Emb., St. Petersburg 191023, Russian Federation
 s.lanin@gmail.com

Abstract. In the current context of energy resource conservation and increased efficiency of gas transportation systems, developing approaches to improve the accuracy of fuel gas consumption forecasting at compressor stations is a pressing task. This paper analyzes



approaches and algorithms for forecasting the volumes of gas needed for the technological and internal needs of compressor stations during gas compression within the gas transportation organizations of Gazprom PJSC. A classification of gas consumption for technological needs and losses is presented, emphasizing the importance of managing fuel gas consumption to optimize the cost of natural gas transportation.

The goal of this study is to develop an approach for operational forecasting of fuel gas consumption at compressor stations of gas transportation organizations, aimed at increasing economic efficiency and reducing operating costs. To achieve this goal, the following tasks were undertaken: analysis of existing forecasting methods, investigation of data processing techniques for detecting errors and anomalies, and comparison of various regression models to ensure high forecast accuracy.

The study employed data cleaning and preprocessing methods, including the Isolation Forest method for anomaly detection, as well as various regression models such as multiple linear regression, RandomForestRegressor, CatBoostRegressor, and XGBoost. Data segmentation was performed using cluster analysis (KMeans), which allowed for improved model accuracy. Forecast accuracy was assessed using t-tests, F-tests, and the mean absolute percentage error (MAPE) metric.

The results of the study confirmed the high accuracy of the proposed approach, demonstrating its potential for optimizing fuel costs in gas transportation organizations.

Keywords: gas industry, natural gas, compressor stations, fuel gas, gas consumption, operational forecasting of gas consumption, regression models, economic efficiency, cost optimization, analysis of anomalies, Gazprom PJSC

For citation: Kudryavtsev A.A., Lanin S.N. Operative forecasting of fuel gas consumption in gas transportation companies. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2024;17(4):401–423. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1346>

俄罗斯天然气工业股份公司天然气输送公司燃气消耗量的运营预测

A.A. 库德里亚夫采夫 , S.N. 拉宁 

圣彼得堡国立经济大学,

191023, 俄罗斯联邦圣彼得堡市格里博耶多夫运河沿岸街30-32号

 s.lanin@gmail.com

摘要: 在现代条件下, 节约能源和提高天然气运输系统效率的紧迫任务是开发提高预测压缩站燃气消耗量准确性的方法。本文分析了俄罗斯天然气工业股份公司天然气输送公司压缩天然气时压缩机的技术和辅助需求所需的燃气量的方法和算法。介绍了技术需求和损失所需的燃气消耗分类, 强调了燃气消耗管理对优化天然气输送成本的重要性。

该研究的目的是开发一种对天然气输送公司压缩机的燃气消耗进行运营预测的方法, 这将提高经济效率并降低天然气输送公司的运营成本。为了实现目标, 解决了以下任务: 分析现有预测方法, 研究数据处理和检测错误和异常的方法, 比较各种回归模型以确保预测的高精度。

研究采用了数据清洗与预处理方法, 包括用于检测异常的 Isolation Forest (孤立森林) 算法, 并利用各种回归模型, 如多元线性回归、RandomForestRegressor、CatBoostRegressor 和 XGBoost。聚类分析 (KMeans) 用于分割数据, 从而提高了模型的准确性。使用 T 检验、F 检验和平均绝对百分比误差 (MAPE) 评估预测的准确性。

研究结果证实了所提出方法的高准确度, 这表明该方法具有优化输气公司燃料成本的潜力。

关键词: 天然气工业; 天然气; 压缩机站; 燃气; 耗气量; 燃气量运营预测; 回归模型; 经济效益; 成本优化; 异常分析; 俄罗斯天然气工业股份公司

Введение

Природный газ имеет огромное значение для экономики России, выступая как один из главных источников доходов и гарантируя энергетическую безопасность страны. Обладая крупнейшими запасами природного газа в мире^{1,2} в размере 64,8 трлн м³, Россия является ведущим его экспортером, обеспечивая поставки в Европу, Азию и другие регионы. Экспорт природного газа вносит значительный вклад в валютные поступления и усиливает внешнеэкономические связи. Внутренний спрос на природный газ также велик, что поддерживает устойчивое развитие таких отраслей, как химическая промышленность, электроэнергетика, теплоэнергетика и жилищно-коммунальное хозяйство. Природный газ, являясь основным и важнейшим энергетическим ресурсом в России, способствует уменьшению зависимости от угля и нефти, что, в свою очередь, помогает сократить выбросы парниковых газов. Газовая отрасль не только обеспечивает рабочие места для миллионов граждан, но и играет важную роль в социальной стабильности. Кроме того, она способствует развитию передовых технологий и инноваций в сфере добычи, хранения, транспорта и переработки газа, что ускоряет общий технологический прогресс.

ПАО «Газпром» занимает практически монопольную² позицию в обеспечении природным газом потребителей в Российской Федерации, являясь крупнейшим добывающим предприятием и поставщиком газа не только в стране, но и в мире в целом³. Компания контролирует весь производственно-технологический цикл – от добычи до транспортировки, реализации и распределения газа, что гарантирует стабильные и надежные поставки. Используя современные технологии и инновационные методы разработки месторождений, ПАО «Газпром» добывает значительную часть природного газа в России. Компания управляет обширной сетью магистральных газопроводов, крупнейшей в мире и охватывающей большинство регионов страны, что позволяет эффективно и безопасно транспортировать газ. Важной частью деятельности ПАО «Газпром»

являются инвестиции в газификацию и модернизацию газовой инфраструктуры, включая новые газопроводы, газоизмерительные и газоперекачивающие станции, а также системы подземного хранения газа.

Общие подходы повышения экономической эффективности газотранспортной отрасли и оптимизации потоков газа в целом по ГТС приведены в [1, с. 665]. Расход топливного газа на компрессорных станциях существенно влияет на себестоимость транспортировки природного газа, что требует разработки точных методов прогнозирования его потребления и алгоритмов оптимизации потоков газа по ГТС на основании критерия минимизации потребления топливного газа. Это позволит не только снизить эксплуатационные затраты, но и обеспечить стабильность и надежность поставок газа. Настоящее исследование направлено на решение этих вопросов с использованием современных методов анализа данных и прогнозирования.

Пути повышения эффективности деятельности и структура себестоимости природного газа

Экспортные операции ПАО «Газпром» столкнулись с серьезными трудностями из-за нескольких факторов: сокращение поставок газа в Европу через территорию Польши после введенного запрета на транспортировку^{4,5}, прекращение экспорта через акваторию Балтийского моря вследствие терактов на газопроводах «Северный поток»⁶, а также невозможность транспортировки газа по территории Украины через ГИС «Сохранилка» в связи с отказом НАК «Нафтогаз Украины» принимать газ по этому маршруту

¹ Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ. Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/events/48746/> (дата обращения: 16.11.2024).

² Федеральный закон «О естественных монополиях» от 17.08.1995 № 147-ФЗ. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_7578/ (дата обращения: 16.11.2024).

³ ПАО «Газпром». Производство. Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/about/production/> (дата обращения: 21.06.2024).

⁴ Указ Президента РФ от 03.05.2022 № 252 (ред. от 22.12.2022) «О применении ответных специальных экономических мер в связи с недружественными действиями некоторых иностранных государств и международных организаций». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_416210/?ysclid=lx520gyls6466550884 (дата обращения: 21.06.2024).

⁵ Постановление Правительства РФ от 11.05.2022 № 851 «О мерах по реализации Указа Президента Российской Федерации от 3 мая 2022 г. № 252» (с изм. и доп.) (вместе с «Перечнем юридических лиц, в отношении которых применяются специальные экономические меры», «Перечнем юридических лиц, осуществляющих деятельность в области военно-технического сотрудничества, в отношении которых применяются специальные экономические меры»). Режим доступа: <https://base.garant.ru/404594131/?ysclid=m2vmyaq0i6939420255> (дата обращения: 21.06.2024).

⁶ Смирнов В. Что известно о подрыве газопроводов «Северный поток» и «Северный поток-2». ТАСС. 7 февраля 2024. Режим доступа: <https://tass.ru/info/17258101> (дата обращения: 21.06.2024).

после начала СВО⁷. Дополнительную сложность вносит тот факт, что контракт на транспортировку газа через территорию Украины истекает в 2025 г., и его продление вызывает серьезные сомнения и неопределенность⁸. Это создает еще большую неопределенность в плане обеспечения стабильных поставок газа в Европу по этому маршруту. В условиях текущей геополитической напряженности и сложных отношений между Россией и Украиной перспектива этого транспортного соглашения остается весьма неопределенной.

Ввиду вышеизложенного, развитие внутреннего рынка газа является одной из приоритетных задач для ПАО «Газпром».

Главные направления увеличения объемов реализации природного газа следующие:

- 1) рост внутреннего потребления;
- 2) развитие СПГ-технологий для снабжения удаленных и труднодоступных регионов, где прокладка газопроводов технически невозможна или экономически нецелесообразна;
- 3) создание новых газоперерабатывающих мощностей.

Увеличение экономически эффективной газификации для внутреннего потребления газа

⁷ Дятел Т. Украина отключила треть транзитного газа. Страна останавливает подачу российского топлива через ГИС «Сохрановка». ТАСС. 10.05.2022. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/5347383> (дата обращения: 21.06.2024).

⁸ Макарычев М. Bloomberg: ЕС ищет способ продлить транзит газа из РФ через Украину в 2025 году. 11.06.2024. Режим доступа: <https://rg.ru/2024/06/11/bloomberg-es-ishchet-sposob-prodlit-tranzit-gaza-iz-rf-cherez-ukrainu-v-2025-godu.html> (дата обращения: 21.06.2024).

в Российской Федерации практически достигло 100 %, два следующих направления использования природного газа сталкиваются с рядом проблем, и принимая во внимание санкционное давление, очень затруднительны. В связи с этим достаточно перспективным направлением повышения эффективности деятельности являются меры по оптимизации управления и сокращению затрат на транспортировку газа. Одним из ключевых элементов себестоимости являются расходы на природный газ, используемые для собственных технологических нужд (СТН). Этот газ необходим для работы газоперерабатывающих агрегатов компрессорных станций, которые обеспечивают его движение по трубопроводам.

На рис. 1 представлена структура бухгалтерских расходов ПАО «Газпром» в 2022 г. Затраты на СТН составили примерно 12 % от всех расходов на транспортировку природного газа по магистральным газопроводам.

На примере одного из дочерних газотранспортных обществ ПАО «Газпром» (ООО «Газпром трансгаз Чайковский») продемонстрирована доля затрат на приобретение газа для СТН, которая варьировалась от 12,9 % в 2023 г. до 23,5 % в 2021 г., составляя значительную часть от общей выручки, полученной газотранспортным обществом от основного вида деятельности. На рис. 2 представлена структура выручки по обычным видам деятельности дочернего газотранспортного общества (ГТО) ПАО «Газпром» за период 2020–2023 гг.

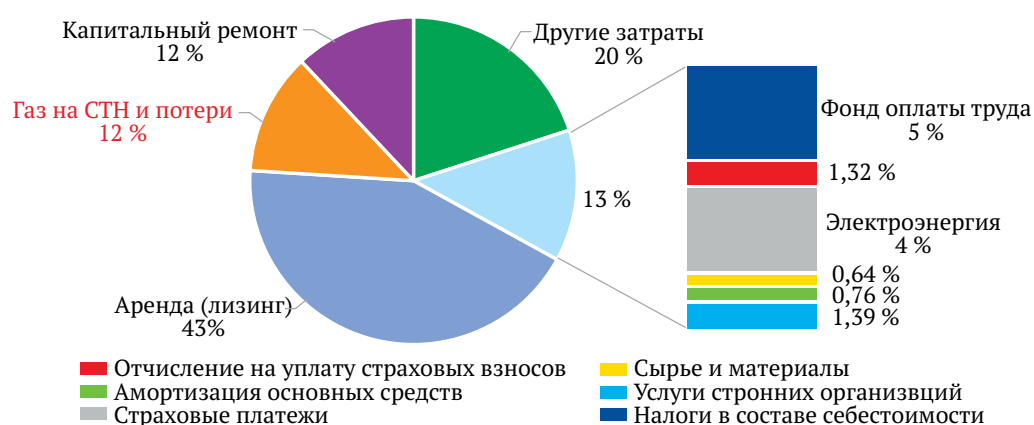


Рис. 1. Структура расходов на транспортировку газа в 2022 г.

Источник: составлено авторами с использованием данных бухгалтерской отчетности ПАО «Газпром» за 2022 г. Информация об услугах по транспортировке. Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/investors/disclosure/transportation-services/> (дата обращения: 21.06.2024).

Fig. 1. Accounting expenses for gas transportation in 2022

Source: compiled by the authors using data from the financial statements of PJSC Gazprom for 2022. Available at: <https://www.gazprom.ru/investors/disclosure/transportation-services/> (accessed on 21.06.2024).

На рис. 3 приведены данные суточного расхода топливного газа и газа на СТН ООО «Газпром трансгаз Чайковский» по данным подсистемы хранения (ПХ) модернизированной (М) автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) Единой Системы Газоснабжения (ЕСГ) Российской Федерации (ПХ М АСДУ ЕСГ). Данные показывают, что в 2023 г. доля топливного газа, использованного для СТН на компрес-

сорных станциях (КС), составила 76 % от общего объема расходов газа на СТН.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что топливный газ играет ключевую роль в формировании эксплуатационных затрат газотранспортного общества, а точное прогнозирование расхода топливного газа является важнейшей задачей для обеспечения эффективного управления ресурсами.

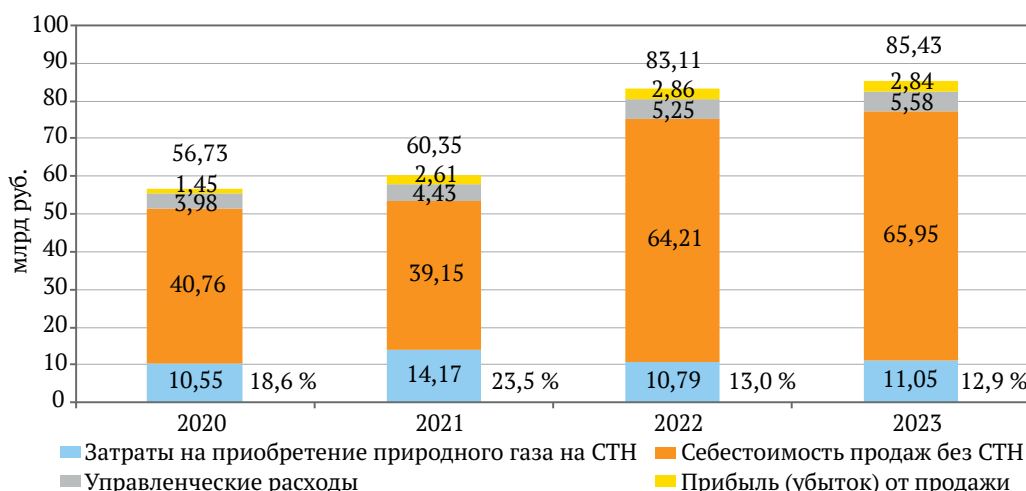


Рис. 2. Структура выручки по обычным видам деятельности рассматриваемого ГТО

Источник: составлено авторами на основе бухгалтерской отчетности дочернего общества ПАО «Газпром» (Интерфакс Спарк. Карточка компании ООО «Газпром трансгаз Чайковский». Доступ для зарегистрированных пользователей. Режим доступа: <https://spark-interfax.ru/system/home/card#/company/F2ED28267A8B4A70B44481BC4D7D16FB/508> (дата обращения: 07.06.2024))

Fig. 2. Revenue structure for ordinary activities of the gas transportation company under consideration

Source: compiled by the authors based on the financial statements of a subsidiary of PJSC Gazprom (<https://spark-interfax.ru/system/home/card#/company/F2ED28267A8B4A70B44481BC4D7D16FB/508> (available: 07.06.2024))

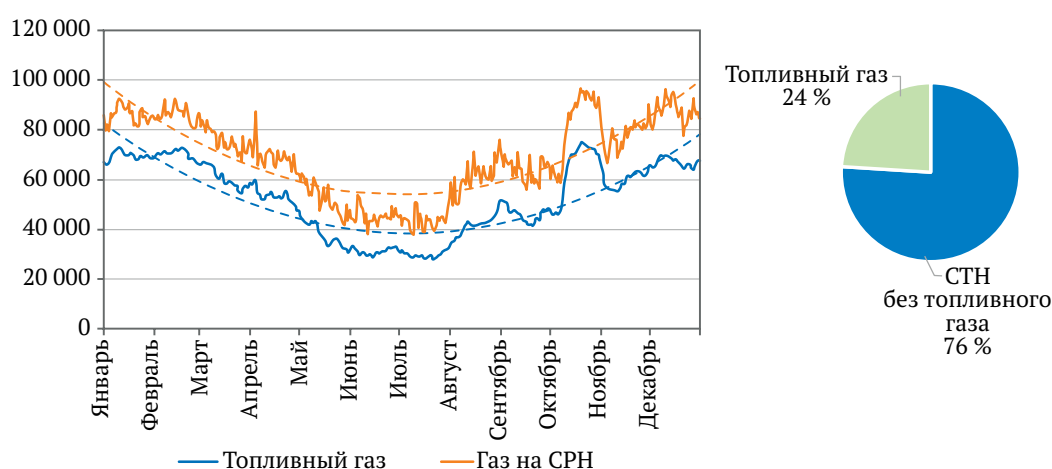


Рис. 3. Объем (тыс. м³) и доля (%) топливного газа и газа на СТН в 2023 г.

Источник: составлено авторами по данным подсистемы хранения модернизированной Автоматизированной системы диспетчерского управления Единой системы газоснабжения Российской Федерации

Fig. 3. Volume (thousand m³) and share (%) of fuel gas and gas for own technological needs in 2023

Source: compiled by the authors based on data from the storage subsystem of the modernized Automated Dispatch Control System of the Unified Gas Supply System of the Russian Federation

Значимость и роль точного прогнозирования расхода топливного газа

Точность прогнозирования расхода топливного газа в рамках СТН является критически важным аспектом для эффективного управления газотранспортными системами. Это способствует оптимизации эксплуатационных процессов, снижению издержек и повышению общей экономической эффективности. Точные прогнозы позволяют эффективно распределять ресурсы, планировать техническое обслуживание и ремонты, своевременно выявлять потенциальные проблемы. Это, в свою очередь, будет способствовать оптимизации эксплуатационных расходов, уменьшению потребности в избыточных топливных резервах и сокращению затрат на закупку газа.

Управление диспетчеризацией в ПАО «Газпром» построено по многоуровневой иерархической структуре⁹. Центральный производственно-диспетчерский департамент (ЦПДД) осуществляет контроль за газовыми потоками на уровне всей газотранспортной системы (ГТС) ЕСГ, обеспечивая бесперебойные поставки газа на внутреннем рынке, его транспортировку на экспорт в ближнее и дальнее зарубежье, а также управление потоками в условиях проведения ремонтных и профилактических работ при пиковом потреблении и изменении маршрутов транспортировки. Управление потоками природного газа последовательно транслируется на уровень газотранспортных обществ, затем на линейные управления и КС, где устанавливаются режимы работы газоперекачивающего оборудования. Каждый уровень управления сосредоточен на обеспечении эффективного и надежного функционирования ГТС ЕСГ. Для оптимизации энергозатрат в рамках всей ГТС необходимо применять единые подходы к расчетам распределения потоков, учитывая как топливный газ, так и электроэнергию, используемую для компримирования. Поскольку неэффективное распределение потоков не может быть исправлено на уровне дочерних обществ, на верхнем уровне управления должны применяться алгоритмы оптимизации потоков по всей системе, основывающиеся на энергетических критериях. Для таких алгоритмов оптимизации критически важен механизм расчета расхода топливного газа в зависимости от конфигурации газотранспортных потоков по всей ГТС.

⁹ СТО Газпром 8-003-2013 Диспетчерское управление. Общие положения: стандарт организации. Введ. 2014-03-24. М.: ОАО «Газпром»; 2014. IV. 17 с.

Обзор существующих подходов к прогнозированию расхода топливного газа

Сегодня в ПАО «Газпром» уже известны методические подходы, которые позволяют достаточно точно рассчитать расход топливного газа в зависимости от режима работы оборудования ГТС на уровне газотранспортного общества. Эти методы базируются на детальном гидравлическом моделировании режимов работы ГТС при оптимальной эксплуатации газоперекачивающего оборудования. Однако такой детализированный подход не может быть применен на верхнем уровне управления потоками, поскольку он сложен реализуем для задач, связанных с размерностью ГТС ЕСГ. ЦПДД не имеет доступа к отдельным газоперекачивающим агрегатам и не может прогнозировать их состояние и рабочие режимы.

Для того чтобы решить задачу определения затрат топливного газа на уровне ЕСГ, необходимо разработать обобщенные зависимости энергетических затрат на компримирование газа от объемов транспортировки по участкам ГТС. Эти зависимости должны исключать параметры режимов работы оборудования, такие как давления на входе и выходе компрессорных цехов (КЦ), степень сжатия и температуры газа. Благодаря этому подходу станет возможным проводить численный расчет энергетических затрат на уровне всей ГТС ЕСГ за приемлемое время. Такой подход позволит определить расход топливного газа и оптимизировать энергетические затраты на высоком уровне управления без необходимости детального моделирования работы каждого газоперекачивающего агрегата.

Хотя в мировой литературе можно встретить ссылки на теоретические исследования, касающиеся зависимости энергозатрат от потока газа, публикаций, посвященных решению прикладных задач на схемах ГТС с использованием таких зависимостей, найти не удалось.

В статье [2] подробно и детально описана ситуация с подходами, применяемыми в ПАО «Газпром» к учету затрат топливно-энергетических ресурсов в транспортировке газа газотранспортными обществами. В статье приведены локальные нормативные документы^{10,11}, при-

¹⁰ Методика определения норм расхода и нормативной потребности в природном газе на собственные технологические нужды магистрального транспорта газа РД 153-39.0-112-2001. Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data1/39/39282/index.htm> (дата обращения: 21.06.2024).

¹¹ СТО Газпром 2-1.20-122-2007. Методика проведения энергоаудита компрессорной станции, компрессорных цехов с газотурбинными и электроприводными ГПА. Введен Распоряжением ОАО «Газпром» от 5 марта 2007 г. № 31

меняемые в процессе нормирования затрат на транспортировку природного газа по ГТС, в том числе и действующий стандарт организации (СТО)¹². Согласно данному стандарту, расчет топливно-энергетических затрат осуществляется с использованием специализированных программно-вычислительных комплексов, которые учитывают технические характеристики компрессорных станций, параметры установленного газоперекачивающего оборудования, включая количество агрегатов, их производительность и коэффициент полезного действия (КПД). При этом допускаются погрешности в измерениях или расчетах параметров энергоэффективности оборудования, которые могут варьироваться от 5,3 до 10,1% из-за инструментальных или методических неточностей¹³.

Кроме того, расчеты объемов топливно-энергетических ресурсов, необходимых на транспортировку, определяются на основании проектных значений, заложенных при строительстве газотранспортных объектов. В технической документации не всегда содержится полная информация по параметрам ненормальных режимов используемого и смонтированного оборудования. Программно-вычислительные комплексы оперируют именно проектными параметрами, которые на практике значительно отличаются от фактических параметров работы КС и газоперекачивающего оборудования из-за проведения ремонтов или замены узлов агрегатов на более современные.

Зависимость энергетических затрат на транспортировку газа по ГТС также описана в СТО Газпром 3.3-2-044-2016¹⁴. Этапы расчета затрат на транспортировку газа по ГТС в соответствии с СТО Газпром 3.3-2-044-2016 выглядят следующим образом:

Необходимо провести разбиение всей ГТС на участки. Разбиение должно прежде всего удовлетворять следующим требованиям:

- участки должны покрывать все основные газотранспортные коридоры, так как цель про-

ведения расчетов с использованием энергокритерия заключается в перераспределении потоков на уровне всей ГТС ЕСГ по коридорам;

- участки не должны быть слишком короткими, либо их число должно быть невелико;

- в рамках одного участка должно сохраняться неизменное рабочее давление за исключением временного снижения из-за ремонта или неудовлетворительного состояния оборудования;

- участок ГТС ЕСГ должен быть неразветвленным, а ветвления и межсистемные перемены моделируются в виде притоков и отборов.

Рассчитать коэффициенты энергокритерия для каждого участка. Необходимо определить ежемесячные значения коэффициентов, которые рассчитываются на основе приведенной в методике формулы. Для этого для каждого участка ГТС выполняется расчет в специализированном программно-вычислительном комплексе с использованием усредненных данных по месяцу температур окружающего воздуха и температур грунта. В результате рассчитываются значения энергозатрат, на основе которых определялся коэффициент энергокритерия. При этом на коэффициенты наложены следующие ограничения:

- не учитываются фактор ремонтных работ, фиксированные давления на входе и выходе в систему, а также фиксированная температура на входе в систему; фиксированные значения притоков и отборов по участку;

- фиксированные калорийность и относительная плотность газа;

- фиксированные температуры на выходе аппаратов воздушного охлаждения (АВО).

Суммарные энергозатраты на транспортировку газа по участку ГТС моделируются, как куб суммарного потока, взятый с некоторым коэффициентом энергокритерия¹⁵:

$$N = k \cdot q^3. \quad (1)$$

Утверждение, что суммарные энергозатраты (N) на участке ГТС моделируются как куб суммарного потока (q) с некоторым коэффициентом (k), имеет несколько слабых сторон. Во-первых, оно предполагает простую зависимость, которая может не учитывать сложные физические и технические аспекты работы. Во-вторых, такая модель может игнорировать влияние на энергозатраты температуры, давления и других факторов. В-третьих, использование единственного коэффициента может привести к неточ-

¹² Оптимизация потоков газа по ГТС ЕСГ с учетом энергозатрат на транспортировку при диспетчерском управлении : рекомендации организации. Введ. 2021-11-02. СПб.: Газпром экспо; 2021. V. 31 с. Режим доступа: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_010776655/

¹³ Там же, табл. 9.1

¹⁴ СТО Газпром 3.3-2-044-2016. Система норм и нормативов расхода ресурсов, использования оборудования и формирования производственных запасов ПАО «Газпром». Методика нормирования расхода природного газа на собственные технологические нужды и технологические потери магистрального транспорта газа (с изм. № 1). Введен Распоряжением ПАО «Газпром» от 22.12.2016 № 430.

¹⁵ Оптимизация потоков газа по ГТС ЕСГ с учетом энергозатрат на транспортировку при диспетчерском управлении: рекомендации организации. Введ. 2021-11-02. СПб.: Газпром экспо; 2021. 31 с.

ностям при моделировании реальных условий эксплуатации, что снижает точность прогнозов и эффективность управления энергозатратами. Частый перерасчет этого коэффициента приводит к дополнительным сложностям и нестабильности модели, затрудняя долгосрочное планирование и управление.

Разбиение на участки носит условный характер. В топологии реальной ГТС присутствуют короткие участки, участки без КС или с КС, работающими на проход. Это означает, что не все участки будут иметь однородные эксплуатационные условия. Участки могут находиться в зоне эксплуатации как одного ГТО, так и нескольких. В таких случаях отнесение энергозатрат к конкретному ГТО становится затруднительным, что усложняет учет и оптимизацию затрат на транспортировку газа. Кроме того, сама по себе кубическая зависимость не ограничена справа, и результаты, полученные по формуле (1) при росте расхода газа через участок, могут принимать значения, выпадающие за пределы эксплуатационных характеристик оборудования.

ЦПДД оперативно прогнозирует расход газа на собственные нужды КС в рамках всего ГТО или ГТС, однако предложенная методика¹⁶ не способна обеспечить такой оперативный результат. Разбиение ГТС дочернего газотранспортного общества на участки, расчет энергетических затрат по этим участкам на основе имеющихся коэффициентов, а затем обратная консолидация данных для всей ГТС представляет собой достаточно сложную задачу. Кроме того, рассчитанные коэффициенты, определенные на основе фактических режимов работы ГТС в прошлом, не подходят для прогнозирования текущих расходов топливного газа, так как они могут не учитывать изменений в конфигурации ГТС.

Предлагаемый подход к прогнозированию расхода топливного газа на СТН

Как уже указывалось, вышеописанные подходы основаны на детальном гидравлическом моделировании, направлены на подбор оптимальных режимов работы газоперекачивающего оборудования и зависят от корректности расчетов коэффициентов энергокритерия, которые рассчитывает подрядная организация. Такие де-

тализованные методы неприменимы на верхнем уровне управления потоками, так как они труднореализуемы для задач размерности ГТС ЕСГ. Однако ЦПДД обычно не оперирует режимами работы отдельных газоперекачивающих агрегатов. В связи с этим остро встает вопрос разработки простой, быстрой и достаточно точной модели расчета суммарных энергозатрат ГТО на транспортировку газа.

Кроме того, достаточно простую с точки зрения исходных данных модель предполагается использовать в оптимизационных моделях при расчете оптимальных маршрутов транспортировки газа или управления качеством и компонентным составом газа при газоснабжении потребителей и поставках газа на экспорт. Необходимо построить обобщенные зависимости энергетических затрат на компримирование газа от объемов транспортировки в целом по ГТО, в которых не будут явно присутствовать параметры режимов работы оборудования. Такие зависимости должны давать возможность численно проводить прогноз энергетических затрат на уровне всей ГТС ЕСГ за приемлемое время. Кроме того, модель должна быть достаточно простой для использования в работе и внесения в нее необходимых корректировок сотрудниками ЦПДД без привлечения сторонних и подрядных организаций. Внедрение такой модели в существующие системы управления и планирования ПАО «Газпром» позволит быстро реагировать на изменения эксплуатационных условий и эффективно использовать возможности ГТС.

Целью данного исследования является разработка подхода оперативного прогнозирования расхода природного газа на СТН КС на основе укрупненных балансовых данных. Исходной информацией для модели служат данные о входящих и выходящих потоках газа в зоне деятельности ГТО. Успешностью работы модели считается преодоление погрешности, установленной СТО¹⁷ (от 5,3 до 10,1 %).

Описание работы газотранспортного общества. Укрупненная схема потоков газа любого газотранспортного общества изображена на рис. 4.

На рисунке фигурами зеленого цвета показаны источники поступления газа как в зону деятельности ГТО, так и внутри зоны, фигуры желтого цвета – распределение газа.

¹⁶ СТО Газпром 3.3-2-044-2016. Система норм и нормативов расхода ресурсов, использования оборудования и формирования производственных запасов ПАО «Газпром». Методика нормирования расхода природного газа на собственные технологические нужды и технологические потери магистрального транспорта газа (с изм. № 1). Введен Распоряжением ПАО «Газпром» от 22.12.2016 № 430.

¹⁷ Методика оценки энергоэффективности газотранспортных объектов и систем. СТО Газпром 2-3.5-113-2007. Введ. 2007-11-15. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/54/54561/?ysclid=m2vpf8gytc635534984> (дата обращения: 21.06.2024).

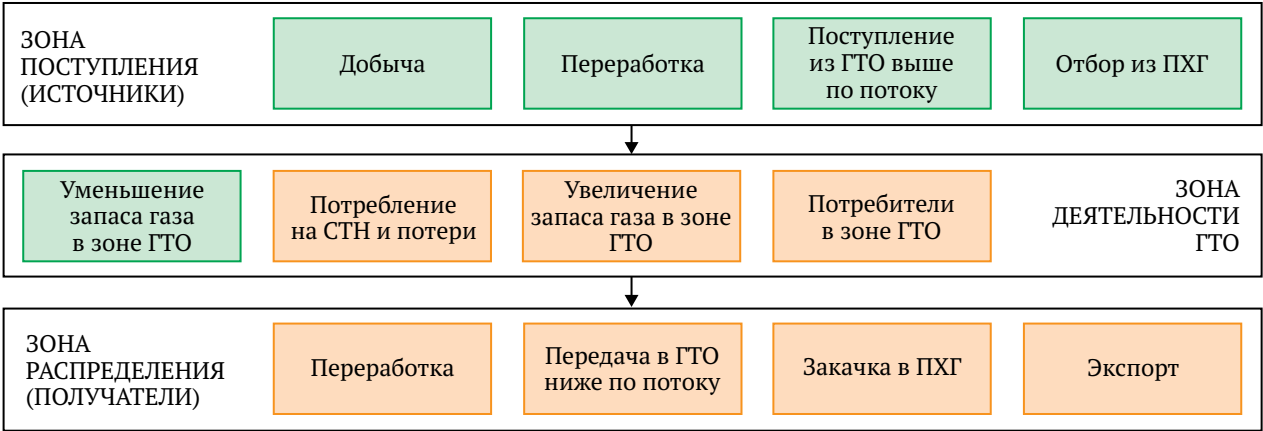


Рис. 4. Схема потоков газа газотранспортного общества

Источник: составлено авторами по данным подсистемы хранения модернизированной Автоматизированной системы диспетчерского управления Единой системы газоснабжения Российской Федерации

Fig. 4. Gas flow diagram of the gas transportation company

Source: compiled by the authors based on the data of the storage subsystem of the modernized Automated Dispatch Control System of the Unified Gas Supply System of the Russian Federation

Таблица 1 / Table 1

Первичный состав набора данных для расчетов
Primary composition of the data set for calculations

Зона	Количество параметров	Количество значений параметра	Тип значения
Поступления	9	3700 non-null	float64
Деятельности ГТО	5		
Распределения	3		

Источник: составлено авторами по данным подсистемы хранения модернизированной Автоматизированной системы диспетчерского управления Единой системы газоснабжения Российской Федерации

Source: compiled by the authors based on data from the storage subsystem of the modernized Automated Dispatch Control System of the Unified Gas Supply System of the Russian Federation

Описание и первичная обработка набора данных. Для создания модели прогнозирования расхода газа на СТН КС использовались данные балансового учета за период более 10 лет модельного газотранспортного общества ПАО «Газпром» (ООО «Газпром трансгаз Краснодар»). В наборе данных присутствуют исключительно потоковые параметры работы ГТО. Выбор такого набора параметров связан с тем, что при моделировании схемы потоков в целом по ГТС для управления калорийностью или качеством газа в заданных точках или оптимизации расхода топливного газа на КС по всей ГТС диспетчер или технолог ЦПДД оперирует именно потоками, а не режимами работы отдельных КС или агрегатов. Диспетчер в рамках заданий ГТО может изменить поток по одному из направлений, установить уровень отбора или закачки в подземные хранилища газа (ПХГ). Другие параметры, такие как внутреннее потребление промышленности

и населения в зоне ГТО, объем газа на экспорт в ближнее и дальнее зарубежье, диспетчером в основном изменяться не могут. Структура первичного набора данных для расчетов модельного газотранспортного общества ПАО «Газпром» представлена в табл. 1.

Первым шагом создания моделей является анализ выборки на наличие аномалий, выбросов и пропусков. Необходимо установить допустимые интервалы, в пределах которых данные могут существовать, а также проверить соответствие значений параметров по отношению к соседним параметрам. В настоящее время существует множество методов и подходов для решения проблемы идентификации и устранения ошибок, аномалий и пропусков во временных рядах данных. В [3–6] достаточно подробно описаны такие методы и подходы, как использование автокодировщиков или ансамблей алгоритмов DBSCAN. В рамках данного исследования про-

цесс обнаружения аномалий и выбросов будет осуществляться в два этапа:

Этап 1. Объемы запасов газа в ГТС, топливного газа, потребление внутри ГТО по своей сущности не могут быть меньше нуля. Данные, содержащие значения этих параметров равными 0, являются недостоверными. В выборке было обнаружено 304 дня с нулевыми значениями этих параметров, они были удалены.

Этап 2. Для окончательной очистки данных от аномалий необходимо применить один или комбинацию методов очистки данных от аномалий. Автором был применен метод изоляционного леса (Isolation Forest)¹⁸. Метод изоляционного леса – это алгоритм, предназначенный для обнаружения аномалий и выбросов данных. Он работает по принципу изоляции точек данных, предполагая, что аномалии отличаются от нормальных точек и встречаются реже. По данному методу строится множество деревьев решений (изоляционных деревьев), каждое из которых обучается на случайном подмножестве данных. Узлы в этих деревьях случайным образом выбирают признаки и значения для разбиения данных, что позволяет деревьям быстро изолировать выбросы.

Основная идея алгоритма заключается в том, что аномалии легче изолировать, чем нормальные точки данных. В процессе построения деревьев аномалии будут изолированы на меньшей глубине (меньшее количество разбиений), что отражает их редкость и отличие от основной массы данных. Оценка аномальности каждой точки данных основывается на средней глубине изоляции среди всех деревьев в лесу. Чем короче путь до изоляции точки, тем выше ее оценка аномальности. Isolation Forest эффективен на больших наборах данных, не требует предположений о распределении данных и способен обрабатывать многомерные данные, что делает его важным инструментом в таких областях, как обнаружение мошенничества, кибербезопасность и мониторинг производственных процессов.

Параметры используемой модели Isolation Forest, кроме доли выбросов (0,2), установлены равными дефолтным библиотеки scikit-learn¹⁹ и представлены в табл. 2.

¹⁸ Liu F.T., Ting K.M., Zhou Z.H. Isolation forest. In: 2008 8th IEEE Inter. conf. on data mining. IEEE. December 15–19, 2008. Piza, Italy. IEEE; 2008. P. 413–422. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICDM.2008.17>

¹⁹ Scikit-learn: библиотека машинного обучения для языка программирования Python. Режим доступа: <https://scikit-learn.org> (дата обращения: 16.11.2024).

Таблица 2 / Table 2

Параметры модели Isolation Forest

Isolation Forest model parameters

Параметр	Описание	Значение
contamination (Доля выбросов)	Доля выбросов в данных, которую модель должна искать	2,0 %
n_estimators (Количество деревьев)	Количество деревьев в лесу	100
max_samples (Количество выборок)	Количество выборок, используемых для построения каждого дерева	auto
max_features (Количество признаков)	Количество признаков, рассматриваемых при каждом разбиении	1,0
random_state (Начальное значение)	Устанавливает начальное значение генератора случайных чисел для обеспечения воспроизводимости результатов	None

Источник: документация библиотеки scikit-learn, версия 1.5. Режим доступа: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.IsolationForest.html> (дата обращения: 15.07.2024).

Source: scikit-learn library documentation, version 1.5. Available at: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.IsolationForest.html> (accessed on 15.07.2024).

После применения метода Isolation Forest и удаления нулевых значений в выборке осталось 3328 элементов.

Для проверки работы моделей данные были разбиты на 2 части – обучающая выборка, 3298 первых значений и выборка для тестирования модели (30 последних значений).

Критерии оценки моделей. Для оценки качества моделей использовались *t*-тест (тест Стьюдента), который определяет наличие значимых различий между средними значениями двух групп и описанного в [7], и *F*-тест [8], применяемый для сравнения дисперсий двух или более групп, что позволяет выявить значимые различия в дисперсии между ними. Оба теста помогают оценить точность и надежность моделей прогнозирования.

Для оценки качества различных моделей прогнозирования использовалась метрика средней абсолютной процентной ошибки MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Метрика представляет собой показатель, который измеряет среднее значение абсолютной процентной ошибки между прогнозируемыми и фактическими значениями, служа основным критерием для сравнения моделей. Она рассчитывается как среднее значение

абсолютных ошибок, выраженных в процентах, что делает ее легко интерпретируемой и удобной для сравнения моделей. Формула MAPE²⁰ выглядит следующим образом:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \cdot 100\%, \tag{2}$$

где y_i – фактическое значение; $\hat{y}_i$ – предсказанное значение; n – число наблюдений.

Модель линейной регрессии. В качестве первой из протестированных модели была использована многофакторная линейная регрессия, также известная как множественная линейная регрессия и описанная в [9]. Она представляет собой расширение простой линейной регрессии, которое позволяет моделировать зависимость целевой переменной от нескольких независимых переменных. В этом подходе модель пытается установить линейную связь между целевой переменной и множеством признаков, что позволяет более точно предсказывать значения целевой переменной на основе нескольких факторов.

Основное преимущество многофакторной линейной регрессии заключается в ее способности учитывать влияние нескольких факторов одновременно, что делает ее полезной в более сложных ситуациях, где множество признаков может влиять на результат. Модель легко интерпретировать, что позволяет понять вклад каждого признака в предсказание целевой переменной. Однако,

²⁰ Средняя абсолютная ошибка (MAPE): практика применения. Режим доступа: <https://4analytics.ru/metodicheskaya-analiza/mape-srednyaya-absolyutnaya-oshibka-praktika-primeneniya.html> (дата обращения: 16.11.2024).

как и в случае с простой линейной регрессией, многофакторная линейная регрессия предполагает наличие линейной связи между переменными, и ее точность может снижаться при наличии нелинейных взаимосвязей или выбросов в данных.

Результаты расчета расхода топливного газа за 30 дней с помощью модели многофакторной линейной регрессии приведены на **рис. 5**.

Результаты оценки модели многофакторной линейной регрессии приведены в **табл. 3**.

Поскольку p -значение больше 0,05, то нет оснований отвергнуть нулевую гипотезу. Это означает, что на уровне значимости 0,05 нет статистически значимых различий между истинными данными и данными, предсказанными моделью. Таким образом, можно заключить, что предсказанные моделью данные не отличаются существенно от истинных данных с точки зрения их средних значений.

Параметры модели линейной регрессии приведены в **табл. 4**.

Таблица 3 / Table 3
Оценки качества модели линейной регрессии
Quality assessment of the linear regression model

Параметр оценки качества модели	Значение	
	Обучающая выборка	Тестовая выборка
t-статистика	0,000	0,820
p-значение	1,000	0,415
F_test	0,076	0,546
MAPE	23,22 %	4,73 %

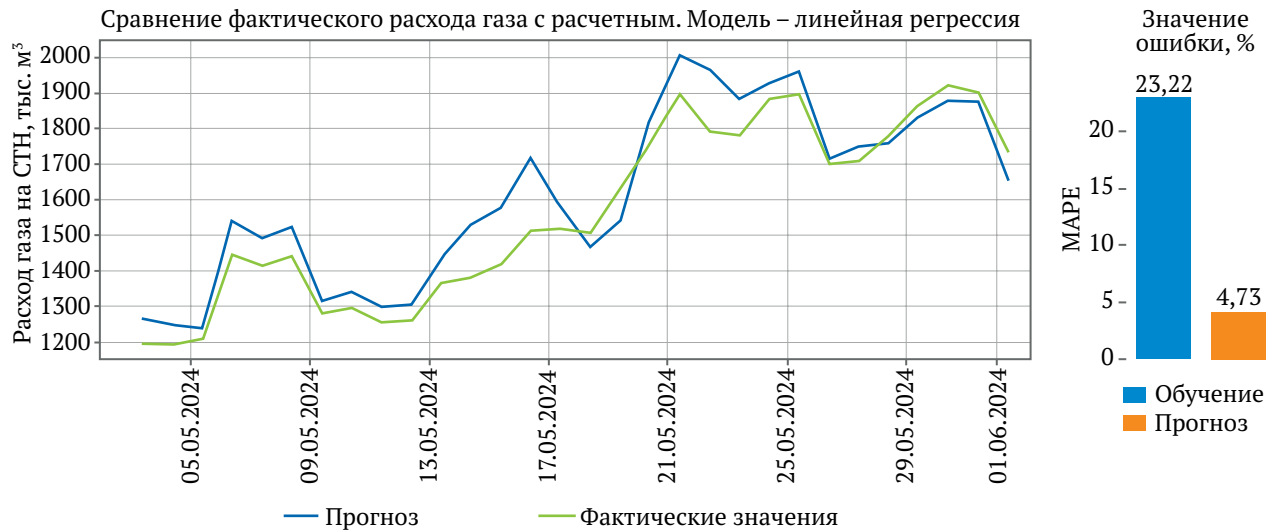


Рис. 5. Результаты работы модели линейной регрессии
Fig. 5. Results of the linear regression model

Модель RandomForestRegressor. Описанный в [10] метод RandomForestRegressor является мощным и универсальным методом машинного обучения, широко применяемым для решения задач регрессии. Данный метод относится к ансамблевым, так как основывается на объединении предсказаний нескольких деревьев решений для повышения точности и устойчивости результатов. Основной принцип RandomForest заключается в создании множества независимых деревьев решений на различных подмножествах данных и признаков, после чего их предсказания усредняются для формирования окончательного результата. Такой подход позволяет существенно снизить вероятность переобучения и улучшить способность модели к обобщению.

Каждое дерево в случайном лесу строится на основе случайной выборки данных (с использованием метода бутстреп (bootstrap)) и случайного подмножества признаков, что придает каждому дереву уникальность. Это способствует повышению производительности модели, особенно при работе с данными, имеющими высокую дисперсию или большое количество признаков. Кроме того, RandomForestRegressor обладает функцией оценки важности признаков, что позволяет определить, какие из них оказывают наибольшее влияние на предсказания модели. Благодаря этому метод становится полезным не только для построения предсказательных моделей, но и для глубокого анализа данных, позволяя лучше понять структуру и значимость различных факторов.

Ключевыми преимуществами RandomForestRegressor являются его высокая точность, устойчивость к выбросам и шуму в данных, а также

способность эффективно обрабатывать большие и сложные наборы данных. Тем не менее, как и другие сложные модели, случайный лес может быть ресурсоемким, особенно при работе с большим количеством деревьев или очень объемными наборами данных, что может потребовать значительных вычислительных мощностей.

Параметры использованной модели представлены в табл. 5.

Таблица 4 / Table 4
Значения коэффициентов уравнения линейной регрессии

Values of the coefficients of the linear regression equation

Параметр	Значение регрессора
Месторождение (1)	–0,011626
ГПЗ 1	0,014428
Месторождение (2)	–0,000169
Месторождение (3)	17,705003
От ГТО выше по потоку (1)	–0,002336
От ГТО выше по потоку (2)	–0,003127
От ГТО выше по потоку (3)	–0,003528
От ГТО выше по потоку (4)	0,003474
Экспорт (1)	0,011254
Экспорт (2)	0,023112
Собственным потребителям	0,008708
В ГТО ниже по потоку (1)	0,010855
В ГТО ниже по потоку (2)	0,011245
ПХГ, отбор	–0,004037
ПХГ, закачка	0,019217
Запас газа	–0,000083
Коэффициент e	–478,886080

Таблица 5 / Table 5

Параметры модели RandomForestRegressor
RandomForestRegressor model parameters

Параметр	Описание	Значение
n_estimators (Количество деревьев)	Количество деревьев в лесу влияет на точность и стабильность модели: большее количество деревьев обычно приводит к более надежным результатам	20
max_features (Количество признаков)	Количество признаков, рассматриваемых при каждом разбиении, определяет разнообразие деревьев в лесу, что способствует снижению корреляции между ними	1
max_depth (Максимальная глубина)	Максимальная глубина деревьев ограничивает их рост, что помогает избежать переобучения и улучшить способность модели к обобщению	–
min_samples_leaf (Минимальное количество выборок листа)	Минимальное количество выборок, необходимое для каждого листа, влияет на размер листьев деревьев, контролируя уровень детализации, на котором модель принимает решения	1
min_samples_split (Минимальное количество выборок для деления)	Минимальное количество выборок, необходимое для разделения узла, определяет сложность деревьев, влияя на их способность к разделению данных на более мелкие категории	2

Источник: документация библиотеки scikit-learn, версия 1.5. Режим доступа: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.RandomForestRegressor.html> (дата обращения: 15.07.2024).

Source: scikit-learn library documentation, version 1.5. Available at: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.RandomForestRegressor.html> (accessed on 15.07.2024).

Таблица 6 / Table 6

Оценка модели RandomForestRegressor
Results of the RandomForestRegressor model

Параметр оценки качества модели	Значение	
	Обучающая выборка	Тестовая выборка
t -статистика	0,007512	-1,31867
p -значение	0,994006	0,192462
F_{test}	0,309581	0,163173
MAPE	4,61 %	7,68 %

Результаты расчета расхода топливного газа за 30 дней с помощью модели RandomForestRegressor приведены на **рис. 6**.

Результаты оценки модели RandomForestRegressor представлены в **табл. 6**.

Поскольку p -значение больше 0,05, нет оснований отвергнуть нулевую гипотезу при использовании этой модели.

Модель показала достаточно высокую ошибку на тестовых данных, хотя на данных тренировочной выборки ошибка была на уровне модели линейной регрессии. Вероятно, модель «переобучилась» и «запомнила» тренировочные данные, вследствие этого сильно ошибалась на тестовых данных. Для повышения точности работы модели необходимо провести отдельные исследования, подобрать параметры модели для ее более качественной работы.

Модель CatBoostRegressor. Разработанная компанией Яндекс модель CatBoostRegressor [11] – современный и эффективный алгоритм гради-

ентного бустинга, специально оптимизированный для работы с категориальными признаками. CatBoost (Categorical Boosting) способен автоматически обрабатывать категориальные данные, что избавляет пользователя от необходимости предварительно кодировать их вручную. Этот регрессор хорошо справляется с задачами, где есть смешанные типы данных, и обеспечивает высокую точность и производительность даже при наличии большого количества категориальных признаков.

Одной из основных особенностей CatBoost является способность минимизировать переобучение за счет использования схемы случайного перемешивания данных и специальной обработки категориальных признаков во время обучения. Это делает модель более устойчивой и надежной, особенно при работе с небольшими и средними по размеру наборами данных. CatBoost также выделяется высокой скоростью обучения и предсказания, что делает его идеальным для использования в продуктивных системах и приложениях реального времени.

Модель CatBoostRegressor допускает изменение только одного параметра²¹ – функцию потерь (loss_function). По умолчанию функция потерь задана как среднеквадратичная ошибка (Root Mean Square Error, RMS Error, RMSE).

Результаты расчета расхода топливного газа за 30 дней моделью CatBoostRegressor приведены на **рис. 7**.

²¹ CatBoostRegressor, версия 1.1. Режим доступа: https://catboost.ai/en/docs/concepts/python-reference_catboostregressor (дата обращения: 15.07.2024).

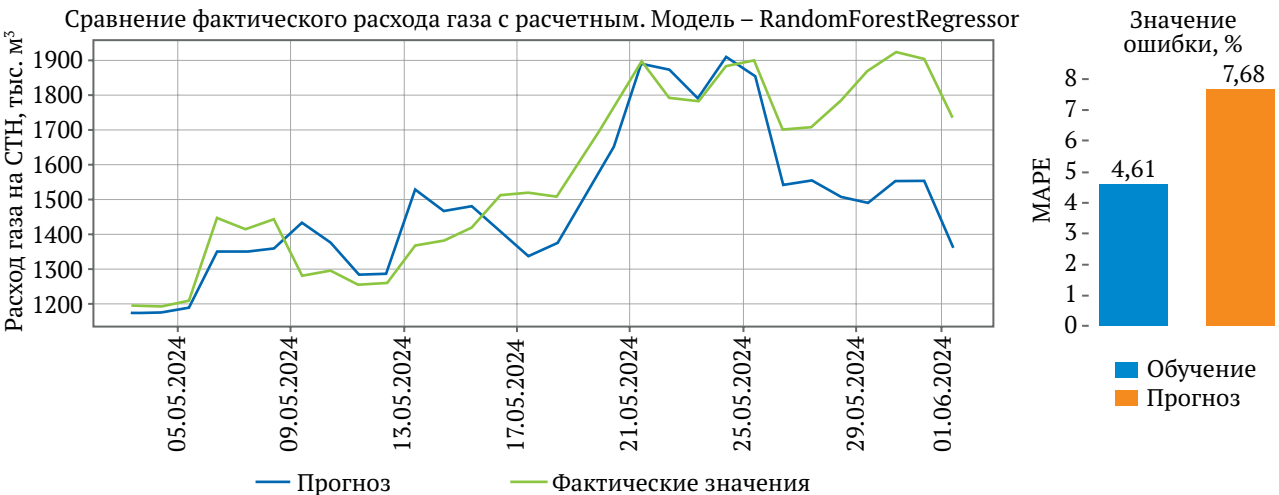


Рис. 6. Результаты работы модели RandomForestRegressor

Fig. 6. Results of the RandomForestRegressor model

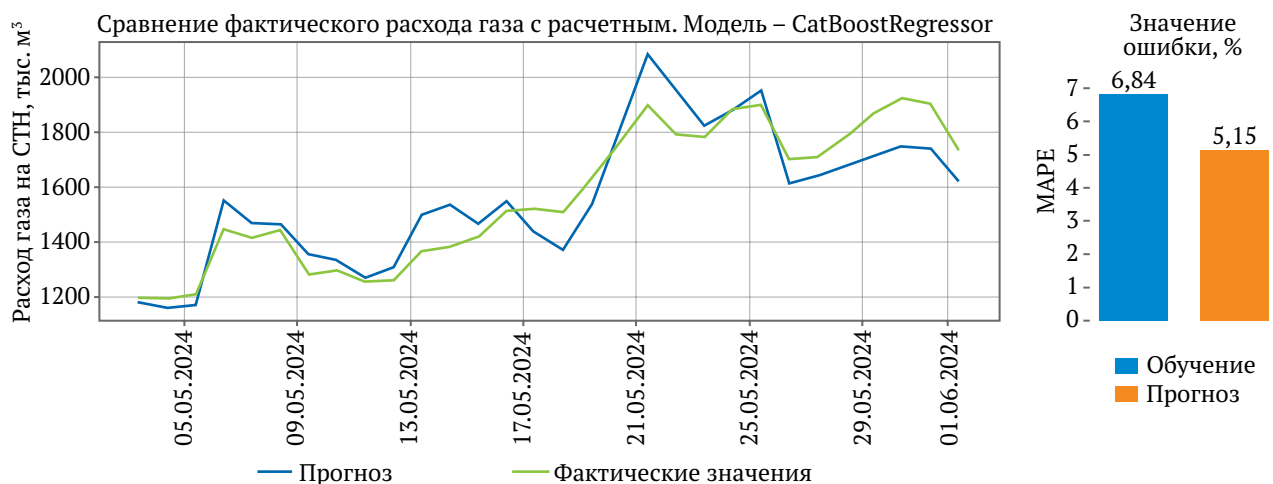


Рис. 7. Результаты работы модели CatBoostRegressor

Fig. 7. Results of the CatBoostRegressor model

Таблица 7 / Table 7

Оценка модели CatBoostRegressor

Evaluation of the CatBoostRegressor model

Параметр оценки качества модели	Значение	
	Обучающая выборка	Тестовая выборка
t -статистика	–0,00105	–0,04925
p -значение	0,999162	0,960892
F -test	0,412757	0,439485
MAPE	6,84 %	5,15 %

Результаты оценки модели CatBoostRegressor приведены в табл. 7.

Как видно из табл. 7, модель на основе CatBoostRegressor так же, как и модель линейной регрессии, показала достаточно высокую точность прогнозирования (MAPE = 5,15 %), что ниже предела погрешности, установленной СТО ПАО «Газпром» 2-3.5-113-2007²².

Модель XGBRegressor. Алгоритм XGBRegressor, описание которого приведено в [12] – это мощный и эффективный алгоритм регрессии, основанный на методе градиентного бустинга. Разработанный в рамках библиотеки XGBoost, он выделяется высокой производительностью и гибкими возможностями настройки, что делает его популярным среди специалистов по анализу данных и машинному обучению. XGBRegressor сочетает преиму-

щества бустинга и деревьев решений, формируя ансамбль слабых моделей, которые последовательно корректируют ошибки предыдущих в целях минимизации функции потерь.

Одной из ключевых особенностей XGBRegressor является способность обрабатывать большие и сложные наборы данных с высокой скоростью и эффективностью. Он включает множество параметров для настройки, таких как глубина деревьев, скорость обучения, регуляризация и частота подвыборок, что позволяет пользователям оптимизировать модель для достижения наилучших результатов. Кроме того, XGBoost поддерживает параллельные вычисления и оптимизации на уровне аппаратных средств, что ускоряет процесс обучения и делает его подходящим для использования в приложениях, требующих высокой производительности.

XGBRegressor предлагает мощные средства для анализа важности признаков, что позволяет выявить, какие факторы оказывают наибольшее влияние на результаты модели. Это делает его не только полезным инструментом для построения предсказательных моделей, но и ценным для глубокого анализа данных и получения важных инсайтов.

Для построения модели были использованы предлагаемыми библиотекой scikit-learn параметры по-умолчанию²³.

Результаты расчета расхода топливного газа за 30 дней моделью XGBRegressor приведены на рис. 8.

²² Методика оценки энергоэффективности газотранспортных объектов и систем. СТО Газпром 2-3.5-113-2007. Введ. 2007-11-15. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/54/54561/?ysclid=m2vpf8gvtc635534984> (дата обращения: 21.06.2024).

²³ Документация библиотеки XGBoost, версия 1.7. Режим доступа: https://xgboost.readthedocs.io/en/stable/python/python_api.html#xgboost.XGBRegressor (дата обращения: 15.07.2024).

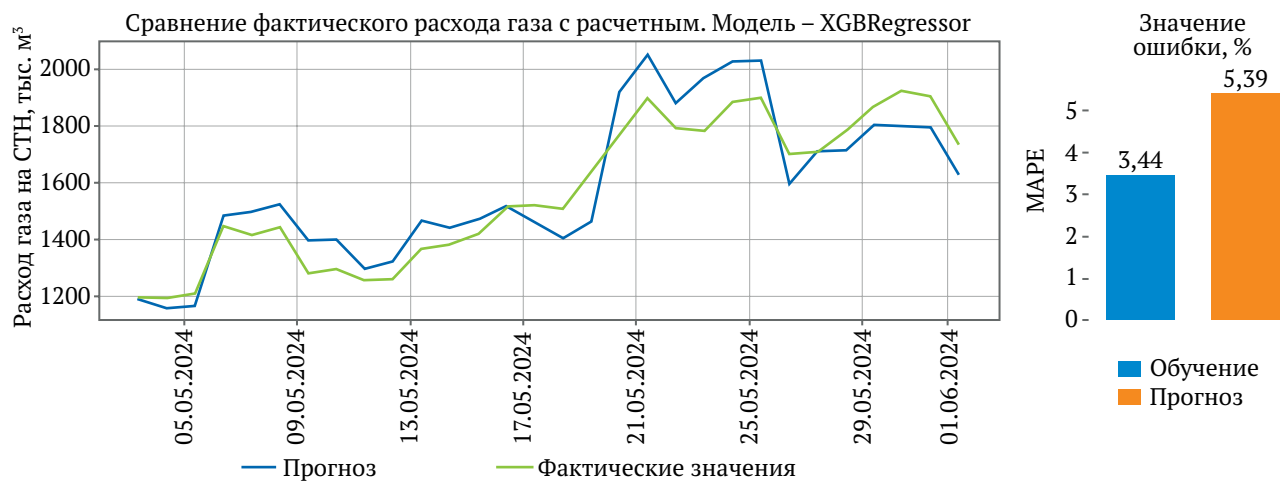


Рис. 8. Результаты работы модели XGBRegressor

Fig. 8. Results of the XGBRegressor model

Таблица 8 / Table 8

Оценка модели XGBRegressor

Evaluation of the XGBRegressor model

Параметр оценки качества модели	Значение	
	Обучающая выборка	Тестовая выборка
t -статистика	0,000546	0,302916
p -значение	0,999564	0,763038
F -test	0,472783	0,603488
MAPE	3,44 %	5,39 %

Результаты оценки модели XGBRegressor приведены в табл. 8.

Модель показала достаточно неплохие результаты. Стоит отметить наименьшую ошибку модели **XGBRegressor** из всех протестированных моделей на обучающей выборке. Вероятно, здесь тоже имеет место переобучение и запоминание моделью тренировочных данных.

Модель множественной регрессии по трем кластерам данных. В выборке данных за 10 лет присутствуют значительные структурные изменения самих данных. За 10 лет в рассматриваемом ГТО произошли вводы в эксплуатацию новых и модернизация существующих компрессорных станций, подключение крупных потребителей, появились новые экспортные маршруты, выводились участки магистральных газопроводов из эксплуатации. Учет этих факторов был реализован в рамках разделения всей выборки на кластеры. Существует множество методов классификации и кластеризации данных. В данном

исследовании был использован один из самых распространенных и простых методов – метод k -ближайших соседей.

Алгоритм KMeans – это популярный алгоритм кластеризации, используемый для разбиения набора данных на k -кластеров и описанный в [13]. Алгоритм работает, распределяя данные в кластеры таким образом, чтобы минимизировать сумму квадратов расстояний между точками данных и центрами их кластеров (центроидами). Начинается расчет с произвольного размещения центроидов, затем итеративно алгоритм обновляет их, перемещая центроиды в центр масс своих кластеров и переназначая точки данных к ближайшим центроидам. Этот процесс продолжается до тех пор, пока центроиды не перестанут значительно изменяться. KMeans прост в реализации и эффективно работает на больших наборах данных, что делает его популярным выбором для задач сегментации, группировки и поиска скрытых структур в данных.

В качестве основного параметра модели кластеризации экспертно был установлен параметр «количество кластеров» ($n_clusters$) = 3.

Визуализация многомерных результатов работы метода KNN представлена на рис. 9 и выполнена с помощью t -SNE, описание которого приведено в [14]. Метод t -SNE (t -Distributed Stochastic Neighbor Embedding) – это метод нелинейного уменьшения размерности, используемый для визуализации многомерных данных в двух- или трехмерном пространстве. Алгоритм работает, моделируя вероятность сходства точек данных в исходном высокоразмерном пространстве, и затем пытается найти отображение в низкоразмерное

пространство, которое сохраняет эти вероятности как можно ближе. В результате получается визуализация, где точки, находящиеся близко друг к другу в высокоразмерном пространстве, также находятся близко друг к другу в низкоразмерном пространстве. *t*-SNE особенно полезен для визуализации сложных данных, таких как результаты глубокого обучения, и для обнаружения скрытых структур и кластеров в данных. На рис. 9, а представлено визуальное отображение нелинейного уменьшения размерности данных, использованных для обучения моделей.

Кроме того, на рис. 9, б изображены кластеры (изображены разными цветами) ряда «потребле-

ние внутри ГТО». На графике видно, что в период с 2014 по 2016 г. и с 2018 по 2021 г. наблюдалось схожее состояние ГТС (1423 набора данных). Второй кластер расположен между 2016 и 2018 гг. и составляет 551 набор данных. Третий кластер начинается с 2021 г. и содержит 1264 набора данных.

На основе разделения исходных данных на три кластера построены три модели многофакторной линейной регрессии. К каждому набору тестовых данных были применены соответствующие модели линейной регрессии.

Результаты расчета расхода топливного газа за 30 дней модели линейной регрессии по трем кластерам данных приведены на рис. 10.

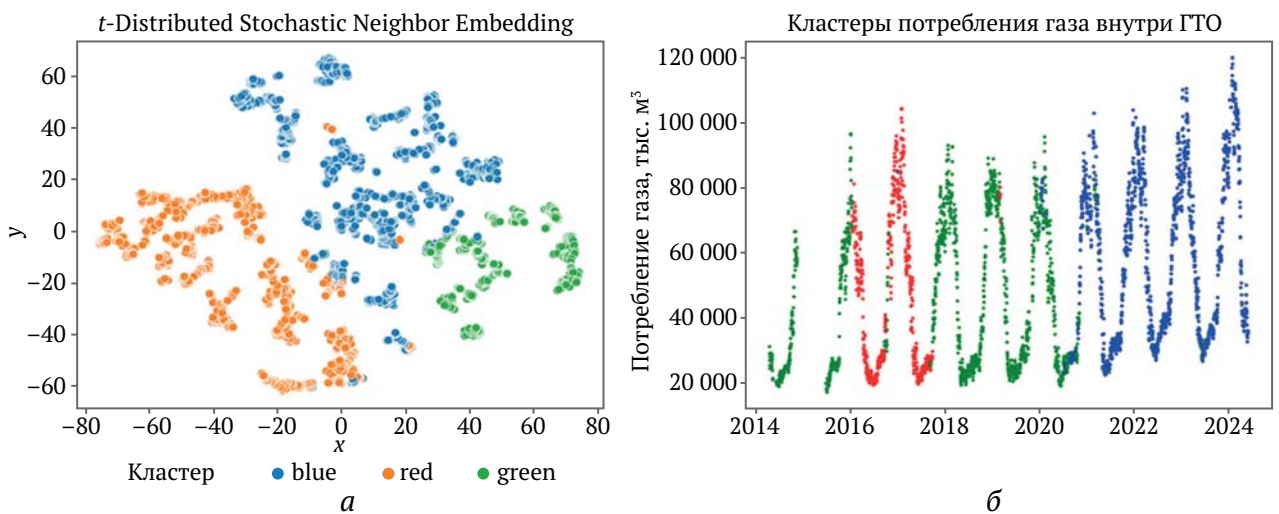


Рис. 9. Визуальное представление результатов кластеризации набора данных алгоритмом KMeans: а – *t*-Distributed Stochastic Neighbor Embedding; б – кластеры потребления внутри ГТО

Fig. 9. Visual representation of the results of clustering the data set using the KMeans algorithm: (a) *t*-Distributed Stochastic Neighbor Embedding; (б) consumption clusters within the gas transportation company

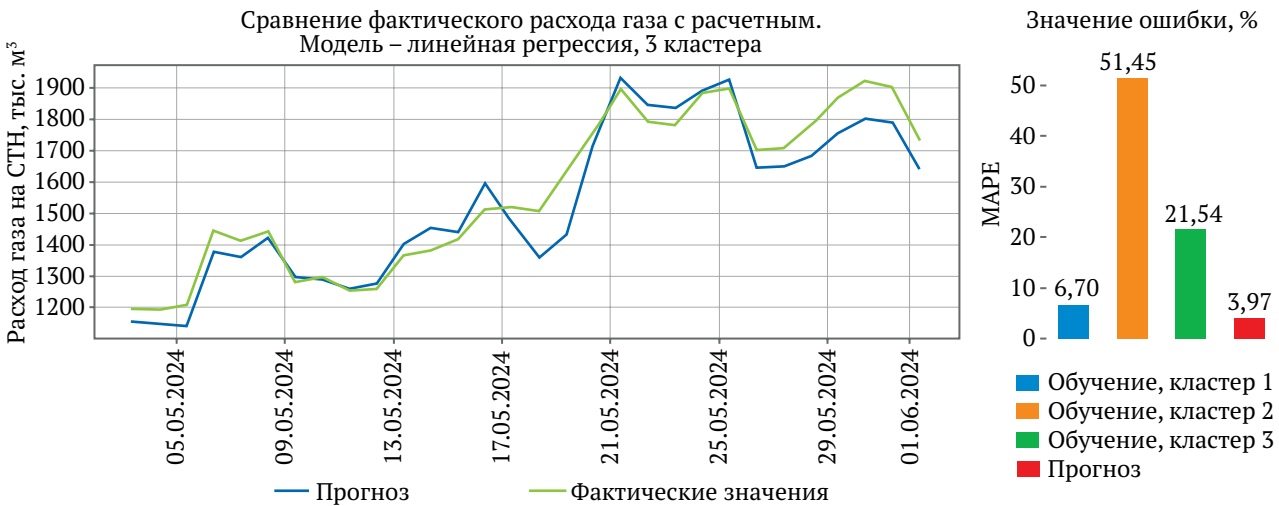


Рис. 10. Результаты работы модели линейной регрессии по трем кластерам данных

Fig. 10. Results of the linear regression model on three data clusters

Результаты оценки модели многофакторной линейной регрессии, построенной по трем кластерам, приведены в **табл. 9**.

Поскольку p -значение больше 0,05, оснований отвергнуть нулевую гипотезу при использовании этой модели нет.

Параметры всех моделей линейной регрессии приведены в **табл. 10**.

Предлагаемая модель многофакторной линейной регрессии по кластерам данных показала наилучший результат среди всех протестированных моделей. Средняя процентная ошибка на тестовых данных составила 4,12%, что уже ниже установленной СТО Газпром 2-3.5-113-2007²⁴.

Определение экономической эффективности точного прогнозирования расхода газа на СТН

Экономический эффект от разработки модели оперативного прогнозирования объема топливного газа в зависимости от потоков природного газа в ГТС становится заметным при создании оптимизационных моделей, ориентированных на минимизацию расхода топливного

газа в рамках всей ГТС. Чем точнее модель прогнозирует расход топливного газа, тем выше будет общая точность и эффективность глобальной оптимизационной модели.

Авторами предложен подход к определению экономической эффективности оптимизационной модели по принципу сравнения «без проекта» и «с проектом». В качестве проекта рассмотрено внедрение глобальной оптимизационной модели, ядром которой является подход к оперативному прогнозированию расхода топливного газа. В качестве подхода «без проекта» использованы фактические показатели работы газотранспортного общества в 2023 г.

Таблица 9 / Table 9

Оценка модели линейной регрессии по трем кластерам данных

Estimating a linear regression model
on three clusters of data

Параметр оценки качества модели	Значение параметра тестовой выборки
t -статистика	–0,49215
p -значение	0,624474
F -test	0,474186
MAPE	3,97 %

²⁴ Методика оценки энергоэффективности газотранспортных объектов и систем. СТО Газпром 2-3.5-113-2007. Введ. 2007-11-15. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/54/54561/> (дата обращения: 21.06.2024).

Таблица 10 / Table 10

Значения коэффициентов линейной регрессии трех моделей

Values of linear regression coefficients of three models

Параметр	Значение регрессора модели		
	Первый кластер	Второй кластер	Третий кластер
Месторождение (1)	–0,097991	0,004205	–0,366329
ГПЗ 1	0,003551	–0,003489	0,106615
Месторождение (2)	0,115896	0,069554	–0,217679
Месторождение (3)	–1,264403	30,817546	134,768121
От ГТО выше по потоку (1)	0,000704	–0,003659	0,005182
От ГТО выше по потоку (2)	–0,000960	–0,003133	0,004849
От ГТО выше по потоку (3)	–0,001685	–0,003273	0,004026
От ГТО выше по потоку (4)	0,005736	0,002032	0,011754
Экспорт (1)	0,010325	0,010564	0,002559
Экспорт (2)	0,000000	0,021962	0,016226
Собственным потребителям	0,004347	0,009193	0,005089
В ГТО ниже по потоку (1)	0,010156	0,014354	0,000213
В ГТО ниже по потоку (2)	0,007083	0,010303	0,006102
ПХГ, отбор	–0,001258	–0,005857	0,001260
ПХГ, закачка	0,013715	0,018647	0,014650
Запас газа	–0,000539	0,000078	0,000178
Коэффициент ϵ	–135,621	–444,806	–573,906

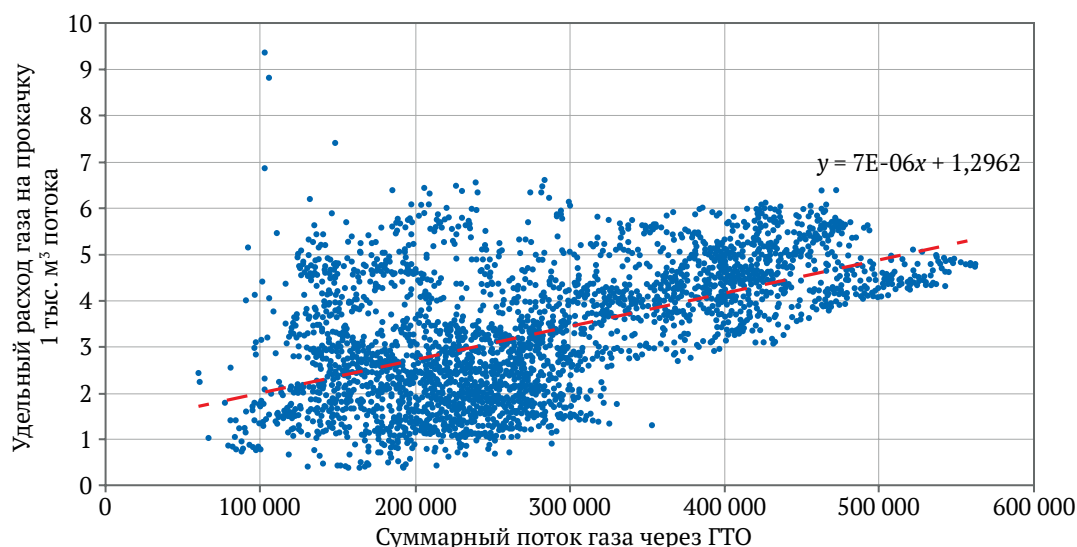


Рис. 11. Зависимость удельного расхода газа на СТН от объема потока газа через ГТО

Источник: составлено авторами по данным подсистемы хранения модернизированной Автоматизированной системы диспетчерского управления Единой системы газоснабжения Российской Федерации

Fig. 11. Dependence of specific gas consumption for own technological needs on the volume of gas flow through the gas transportation company

Source: compiled by the authors based on data from the storage subsystem of the modernized Automated Dispatch Control System of the Unified Gas Supply System of the Russian Federation

На **рис. 11** показана зависимость удельного расхода топливного газа на транспортировку природного газа по ГТС от суммарного потока газа, проходящего через газотранспортное оборудование.

Как видно на рис. 11, удельный расход топливного газа имеет зависимость, близкую к линейной от суммарного потока газа, проходящего через ГТО по магистральным газопроводам. Это означает, что с увеличением транспортного потока требуется больше топлива для транспортировки 1 тыс. м³ природного газа. Данная зависимость также косвенно подтверждается в СТО Газпром 3.3-2-044-2016²⁵. Анализ зависимости удельного расхода топливного газа от суммарного транспортного потока проведен для того, чтобы показать, что типовые значения расхода топливного газа одного интервала могут являться аномально высокими для другого интервала. Эти выводы потребуются далее.

На следующем этапе была проведена разбивка объемов запаса газа на 10 интервалов в зависи-

мости от удельного расхода топливного газа на СТН КС и расчет статистических показателей для каждого из интервалов. На **рис. 12** изображена такая разбивка, численные значения интервалов приведены в **табл. 11**.

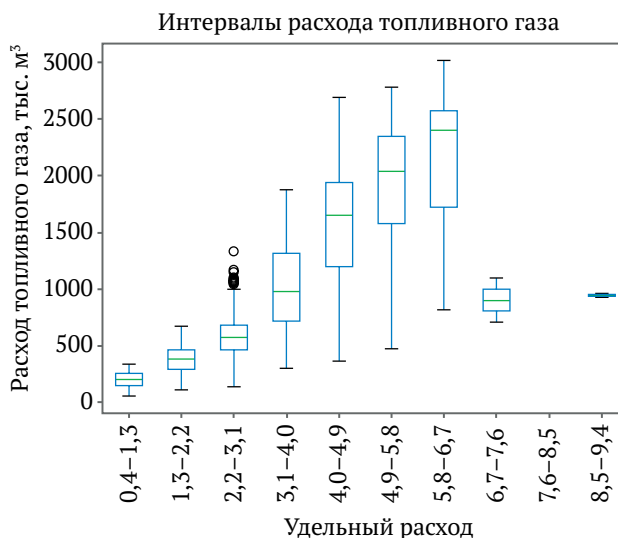


Рис. 12. Статистическая информация результатов разбиения удельного расхода топливного газа на 10 интервалов

Fig. 12. Statistical information of the results of dividing the specific fuel gas consumption into 10 intervals

²⁵ СТО Газпром 3.3-2-044-2016. Система норм и нормативов расхода ресурсов, использования оборудования и формирования производственных запасов ПАО «Газпром». Методика нормирования расхода природного газа на собственные технологические нужды и технологические потери магистрального транспорта газа (с изм. № 1). Введен Распоряжением ПАО «Газпром» от 22.12.2016 № 430.

Таблица 11 предоставляет статистическую информацию о результатах разбиения удельного расхода топливного газа на 10 интервалов. В таблице представлены значения статистических показателей, которые отображают распределение объема топливного газа по этим интервалам в рамках всей ГТС.

Для расчета эффективности оптимизации потоков газа по ГТС дочернего общества было введено следующее предположение: с вероятностью 95,4 % (интервала в 2 сигмы (± 2 стандартных отклонения)) режим работы КС газотранспортного общества установлен оптимально.

В нормальном распределении интервал ± 2 сигмы охватывает примерно 95,4 % всех значений. Это означает, что значения, выходящие за пределы 2 сигм, встречаются примерно в 4,6 % случаев, и схема потоков газа, проходящих че-

рез ГТО, является неоптимальной из-за резких колебаний потребления или изменений заявок экспортных покупателей. В таком случае оборудование КС настроено неоптимально и расход топливного газа был превышен.

Для расчета перерасхода топливного газа в разрезе интервалов удельного расхода газа введем предположение, что режимы работы КС, при которых расход топливного газа, как указывалось выше, входит в диапазон 94,5 % значений, указывает на оптимальный режим работы оборудования. Расход газа, находящийся за пределами этого интервала, говорит о перерасходе топливного газа. Суммарный перерасход за 2023 г. приведен в табл. 12.

Таким образом, перерасход топливного газа за 2023 г. составил 14,5 млн м³, или 0,43 % от всего использованного топливного газа.

Таблица 11 / Table 11

Значения статистических показателей разбиения удельного расхода топливного газа на 10 интервалов
Values of statistical indicators for dividing the specific fuel gas consumption into 10 intervals

Интервал удельного расхода ТГ (м ³ /тыс. м ³)	Медиана	25 % квантиль	75 % квантиль	95,4 % квантиль
(0.38, 1.288]	201,57	148,90	256,17	328,38
(1.288, 2.186]	382,96	288,86	463,14	577,47
(2.186, 3.084]	574,30	460,95	677,77	953,42
(3.084, 3.982]	981,40	717,81	1317,33	1619,20
(3.982, 4.88]	1653,78	1198,91	1938,92	2336,81
(4.88, 5.779]	2039,38	1579,20	2349,87	2652,65
(5.779, 6.677]	2401,73	1717,24	2575,97	2762,59
(6.677, 7.575]	901,32	803,94	998,70	1078,17
(7.575, 8.473]	NaN	NaN	NaN	NaN
(8.473, 9.371]	944,82	937,70	951,94	957,75

Таблица 12 / Table 12

Значения перерасхода топливного газа по интервалам
Fuel gas overconsumption values by intervals

Интервал	95,4 % квантиль	Перерасход топливного газа на СТН КС, тыс. м ³
(0.38, 1.288]	328,381	62,986
(1.288, 2.186]	577,465	817,253
(2.186, 3.084]	953,422	3 193,379
(3.084, 3.982]	1 619,199	3 011,937
(3.982, 4.88]	2 336,810	5 985,408
(4.88, 5.779]	2 652,646	861,120
(5.779, 6.677]	2 762,586	513,270
(6.677, 7.575]	1 078,168	17,919
(7.575, 8.473]	NaN	0,000
(8.473, 9.371]	957,754	1,310
Итого		14 464,581

Согласно Приказу ФАС²⁶, для потребителей, находящихся на территории Краснодарского края утверждена оптовая цена, равная 5873 руб./тыс. м³. Стоимость перерасхода природного газа в 2023 г. в ценах 2024 г. составит 84,95 млн руб.

²⁶ Приказ ФАС России от 28.11.2023 N 910/23 «Об утверждении оптовых цен на газ, добываемый ПАО «Газпром» и его аффилированными лицами, реализуемый организациям, осуществляющим по состоянию на 1 декабря 2023 г. в качестве основного вида экономической деятельности производство электроэнергии тепловыми электростанциями, производство, передачу и распределение пара и горячей воды тепловыми электростанциями и (или) котельными с кодами ОКВЭД 35.11.1, 35.30.11, 35.30.14, 35.30.2, 35.30.3, организациям, осуществляющим деятельность с указанными кодами ОКВЭД в качестве дополнительного вида экономической деятельности при условии осуществления ими в качестве основного вида экономической деятельности с кодами ОКВЭД 35.11, 35.3, 35.30, 35.30.1, 68.32.1, организациям, выручка от реализации тепловой и (или) электрической энергии (мощности) которых составляет не менее 75 процентов общей выручки, организациям, выручка от реализации тепловой и (или) электрической энергии (мощности) которых составляет менее 75 процентов общей выручки, приобретающим газ в объемах, необходимых для производства и реализации тепловой и (или) электрической энергии (мощности) по регулируемым ценам (тарифам), либо организациям-недропользователям (коды ОКВЭД 06.10.1, 06.20) и (или) их аффилированным лицам, не входящим с такими недропользователями в одну группу компаний, или организациям, осуществляющим в качестве основного вида экономической деятельности распределение газообразного топлива по газораспределительным сетям и торговлю твердым, жидким и газообразным топливом и подобными продуктами с кодами ОКВЭД 35.22, 46.71, приобретающим газ для перепродажи потребителям, относящимся к организациям, осуществляющим по состоянию на 1 декабря 2023 г. в качестве основного вида экономической деятельности производство электроэнергии тепловыми электростанциями, производство, передачу и распределение пара и горячей воды тепловыми электростанциями и (или) котельными с кодами ОКВЭД 35.11.1, 35.30.11, 35.30.14, 35.30.2, 35.30.3, организациям, осуществляющим деятельность с указанными кодами ОКВЭД в качестве дополнительного вида экономической деятельности при условии осуществления ими в качестве основного вида экономической деятельности с кодами ОКВЭД 35.11, 35.3, 35.30, 35.30.1, 68.32.1, организациям, выручка от реализации тепловой и (или) электрической энергии (мощности) которых составляет не менее 75 процентов общей выручки, организациям, выручка от реализации тепловой и (или) электрической энергии (мощности) которых составляет менее 75 процентов общей выручки, приобретающим газ в объемах, необходимых для производства и реализации тепловой и (или) электрической энергии (мощности) по регулируемым ценам (тарифам), кроме потребителей Российской Федерации, указанных в пунктах 15.1 и 15.1.1 Основных положений формирования и государственного регулирования цен на газ, тарифов на услуги по его транспортировке, платы за технологическое присоединение газоиспользующего оборудования к газораспределительным сетям на территории Российской Федерации и платы за технологическое присоединение к магистральным газопроводам строящихся и реконструируемых газопроводов, предназначенных для транспортировки газа от магистральных газопроводов до объектов капитального строительства, и газопроводов, предназначенных для транспортировки газа от месторождений природного газа до магистрального газопровода, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2000 г. № 1021» (Зарегистрировано в Минюсте России 01.12.2023 № 76205). Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202312010032> (дата обращения: 15.07.2024).

Оценка экономической эффективности проектов обычно выполняется в соответствии с методическими документами^{27,28}.

Основными эффектами от внедрения проекта, согласно СТО Газпром РД 1.12-096-2004²⁹, являются коммерческий и ресурсный эффекты. В связи с этим оценка экономической эффективности была выполнена с учетом следующих предположений и допущений, сделанных авторами:

- оценка проекта проводится в рамках расчетного периода, составляющего 5 лет;
- используется принцип сравнения сценариев «без проекта» и «с проектом», т.е. эффективность оценивается путем сопоставления денежных потоков, связанных с реализацией проекта и использованием его результатов, с денежными потоками, которые имели бы место в случае, если бы оптимизация потоков газа не была внедрена.

Для выполнения оценки экономической эффективности внедрения в модельное дочернее общество ПАО «Газпром» описанного подхода приняты следующие исходные параметры:

- горизонт расчета установлен на период с 2023 по 2027 г. (5 лет);
- все расчеты выполнены в постоянных ценах;
- валюта расчетов – российские рубли;
- дисконтирование денежных потоков производится к дате 01.01.2023;
- норма дисконта принята на уровне 12%.

Чистый доход (ЧД), млн руб., рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ЧД} = \sum_{t=T_n}^{T_N} \text{ДП}(t), \quad (3)$$

где ДП(t) – денежный поток в t -м году, млн руб.; t – индекс расчетного периода T_n .

Чистый дисконтированный доход (ЧДД), млн руб., рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=T_n}^{T_N} \text{ДП}(t) \cdot \text{Кд}(t), \quad (4)$$

где ДП(t) – денежный поток в t -м году, млн руб.; Кд(t) – коэффициент дисконтирования в t -м году; t – индекс расчетного периода (T_n ; T_N).

²⁷ Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция), утвержденные Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике от 21.06.1999 № ВК 477.

²⁸ Методика оценки экономической эффективности инвестиционных проектов в форме капитальных вложений. Введ.: 09.09.2009 № 01/07-99.

²⁹ СТО Газпром РД 1.12-096-2004. Внутрикorporативные правила оценки эффективности НИОКР. Введ. Приказом ОАО «Газпром» от 16 августа 2004 г. № 70 с 2004-09-01. М.: ООО «ИРЦ Газпром».

Коэффициент дисконтирования $K_d(t)$ определяется по следующей формуле:

$$K_d(t) = \frac{1}{(1+d)^{t-1-(T_{\text{год}}-1)}}, \quad (5)$$

где d – ставка дисконтирования, %; $T_{\text{год}}$ – расчетный год, в котором коэффициент дисконтирования равен 1; d – ставка дисконтирования, которая является одним из основных параметров проекта и вводится вручную.

На сегодняшний день в ПАО «Газпром» применяются ставки дисконтирования в размере 10 или 15 %. Для настоящего расчета, как указывалось выше, использовалась ставка 12 %

Расчет экономического эффекта приведен в табл. 13.

Заключение

В данной статье рассмотрены различные статистические подходы к оперативному прогнозированию расхода природного газа на собственные технологические нужды в масштабах газотранспортного общества. Особое внимание уделено сильным и слабым сторонам существующих подходов к расчету расхода топливного газа, применяемых в ПАО «Газпром».

Предложенный в статье подход к оперативному прогнозированию расхода природного газа на нужды компрессорных станций состоит из нескольких этапов и не требует сбора данных с газоизмерительных станций, а также детального анализа режимов работы отдельных компрессорных цехов, газоперекачивающих агрегатов. Кроме того, предложенный подход не зависит от внешних факторов, таких как температура, скорость ветра или влажность воздуха. Этот подход продемонстрировал стабильные и высокие результаты на тестовой выборке данных за 10-летний период для одного из газотранспортных обществ, обеспечив среднюю процентную ошибку

4,12 %, что ниже допустимых пределов согласно нормативам ПАО «Газпром».

Предложенный подход прост в реализации, не требует сложных входных данных и может быть успешно применен для оперативного прогнозирования в масштабах всей газотранспортной системы. Учитывая доступность современных вычислительных мощностей, простоту моделей и независимость от внешних источников данных, предложенный подход обладает значительным потенциалом для применения. В то же время экономический эффект от внедрения предложенного подхода может составить несколько сотен миллионов рублей на горизонте 5 лет.

Тем не менее предложенный подход имеет потенциал для дальнейшего улучшения и оптимизации. В статье рассматривались одни из самых простых подходов, таких как метод классификации состояний ГТС с использованием K-means и линейная регрессия для прогнозирования временных рядов. Однако дальнейшее усовершенствование метода может быть достигнуто за счет применения более сложных и продвинутых методов кластеризации и классификации, таких как Gaussian Mixture Models (GMM), DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise), описанный в [15] или спектральная кластеризация (Spectral Clustering) [16]. После разделения данных на кластеры с помощью этих методов могут быть использованы более мощные модели регрессии, такие как градиентный бустинг (Gradient Boosting Regression), описанный в [17], метод опорных векторов (Support Vector Regression, SVR) и «случайный лес» (Random Forest Regression).

Кроме того, для регрессионного анализа и разбиения на кластеры можно рассмотреть использование нейронных сетей (Neural Networks), которые предлагают огромные возможности для

Таблица 13 / Table 13

Расчет экономического эффекта

Calculation of economic effect

Параметр	Год				
	2023	2024	2025	2026	2027
Денежный поток от экономии топливного газа, млн руб.	84 950	84 950	84 950	84 950	84 950
Фактор дисконтирования	1	0,89286	0,7972	0,7118	0,6355
Приведенный денежный поток, млн руб.	84 950	75 849	67 722	60 466	53 988
Итого, млн руб.					342 975

настройки и обладают различными архитектурными вариациями.

В дальнейшем целесообразно провести тестирование предложенных методов и архитек-

тур, чтобы определить наиболее точные и устойчивые подходы для каждого ГТО, что позволит улучшить оперативный расчет расхода топливного газа в рамках всей ГТС ПАО «Газпром».

Список литературы / References

1. Посягин Б.С., Герке В.Г. *Справочное пособие для работников диспетчерских служб газотранспортных систем*. М.: ООО «Газпром экспо»; 2015. 796 с.
2. Халикова Э.Р. Управление затратами топливного газа в дочерних газотранспортных обществах ПАО «Газпром». *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2021;(2((56))):55–62.
Khalikova E.R. Fuel gas costs management in gas transmission subsidiaries of PJSC Gazprom. *Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa*. 2021;(2((56))):55–62. (In Russ.)
3. Чернышов Ю.Ю. Применение автокодировщиков для выявления аномалий в киберфизических системах. *Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика*. 2022;(4(59)):89–94. <https://doi.org/10.17072/1993-0550-2022-4-89-94>
Chernyshov Y.Yu. About using of autoencoders for anomaly detection in cyber-physical systems. *Bulletin of Perm University. Mathematics. Mechanics. Computer Science*. 2022;(4(59)):89–94. (In Russ.). <https://doi.org/10.17072/1993-0550-2022-4-89-94>
4. Чесноков М.Ю. Поиск аномалий во временных рядах на основе ансамблей алгоритмов DBSCAN. *Искусственный интеллект и принятие решений*. 2018;(1):98–106.
Chesnokov M.Y. Time series anomaly detection based on DBSCAN ensembles. *Iskusstvenniy Intellekt i Prinyatie Resheniy = Artificial Intelligence and Decision Making*. 2018;(1):98–106. (In Russ.)
5. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly detection: A survey. *ACM Computing Surveys*. 2009;41(3):1–58. <https://doi.org/10.1145/1541880.1541882>
6. Dau H.A., Ciesielski V., Song A. *Anomaly detection using replicator neural networks trained on examples of one class*. In: Dick G. (ed.). *Simulated evolution and learning. SEAL 2014. Lecture notes in computer science*. Cham: Springer; 2014. Vol. 8886. P. 311–322. https://doi.org/10.1007/978-3-319-13563-2_27
7. Шаталов К.В., Кириллова А.В. Применение критерия Стьюдента для оценки результатов межлабораторных сравнительных испытаний. *Стандартные образцы*. 2016;(1):42–49. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2016-0-1-42-49>
Shatalov K.V., Kirillova A.V. Application of Student t-test for evaluation of interlaboratory comparative tests results. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2016;(1):42–49. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2016-0-1-42-49>
8. NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods. Exploratory Data Analysis: Measures of Skewness and Kurtosis. <https://doi.org/10.18434/M32189>
9. Sallehuddin R., Shamsuddin S.M., Hashim S.Z.M. Hybridization model of linear and nonlinear time series data for forecasting. In: *Second Asia inter. conf. on modelling and simulation (AMS 2008)*. Kuala Lumpur, Malaysia, 13–15 May, 2008. P. 597–602. <https://doi.org/10.1109/AMS.2008.142>
10. Breiman L. Random Forest. *Machine Learning*. 2001;45(1):5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
11. Dorogush A.V., Ershov V., Gulin A. CatBoost: gradient boosting with categorical features support. 2018. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1810.11363>
12. Friedman J. Greedy function approximation: a gradient boosting machine. *The Annals of Statistics*. 2000;29(5):1189–1232. <https://doi.org/10.1214/aos/1013203451>
13. Subramaniaswamy V., Logesh R. Adaptive KNN based recommender system through mining of user preferences. *Wireless Personal Communications*. 2017;97(2):2229–2247. <https://doi.org/10.1007/s11277-017-4605-5>
14. Van der Maaten L., Hinton G. Visualizing data using t-sne. *Journal of Machine Learning Research*. 2008;9(2605):2579–2605.
15. Ester M., Kriegel H.P., Sander J., Xu X. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In: *Proc. of the 2nd Intern. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-96)*; 1996. P. 226–231.
16. Arias-Castro E., Chen G., Lerman G. Spectral clustering based on local linear approximations. *Electronic Journal of Statistics*. 2011;(5):1537–1587. <https://doi.org/10.1214/11-ejs651>
17. Дружков П.Н., Золотых Н.Ю., Половинкин А.Н. Реализация параллельного алгоритма предсказания в методе градиентного бустинга деревьев решений. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование*. 2011;(37(254)):82–89.
Druzhkov P.N., Zolotykh N.Yu., Polovinkin A.N. Parallel implementation of prediction algorithm in gradient boosting trees method. *Vestnik Yuzhno-ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Matematicheskoe modelirovanie i programirovanie = Bulletin of the South Ural State University. Series: Mathematical Modeling and Programming*. 2011;(37(254)):82–89. (In Russ.)

Информация об авторах

Андрей Алексеевич Кудрявцев – д-р. экон. наук, профессор кафедры статистики и эконометрики, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7722-8044>; e-mail: kudr2007@inbox.ru

Сергей Николаевич Ланин – аспирант, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, Российская Федерация; e-mail: s.lanin@gmail.com

Information about the authors

Andrey A. Kudryavtsev – Dr.Sci. (Econ.), Professor of the Chair for Statistics and Econometrics, St. Petersburg State University of Economics, 30-32 Griboedov Canal Emb., St. Petersburg 191023, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7722-8044>; e-mail: kudr2007@inbox.ru

Sergey N. Lanin – Postgraduate Student, Graduate School of the Chair for Statistics and Econometrics, St. Petersburg State University of Economics, 30-32 Griboedov Canal Emb., St. Petersburg 191023, Russian Federation; e-mail: s.lanin@gmail.com

Поступила в редакцию 02.10.2024; поступила после доработки 18.11.2024; принята к публикации 20.11.2024
Received 02.10.2024; Revised 18.11.2024; Accepted 20.11.2024

<https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1375>

Опыт ведущих стран в стратегическом планировании и возможности его использования в России

А.А. Швецова, И.В. Манаева ✉

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
308015, Белгород, ул. Победы, д. 85, Российская Федерация

✉ manaeva_i@bsu.edu.ru

Аннотация. Национальная конкурентоспособность и устойчивость социально-экономических процессов в городах и регионах Российской Федерации напрямую зависит от грамотного стратегического планирования, что определяет необходимость изучения зарубежного опыта в данной предметной области. В статье представлен обзор документов стратегического планирования Европейского Союза, Германии, Франции, Соединенных Штатов Америки и Китайской Народной Республики. Изучение опыта зарубежных стран позволит применить их лучшие практики в отдельных направлениях стратегического планирования Российской Федерации, в том числе: продвижение интересов и ценностей РФ в соседних странах (Беларусь, Казахстан, Китай и др.) (опыт стран ЕС); разработка стратегий и программ посредством государственных заказов (опыт Франции); определение приоритетных направлений развития национальной экономики на федеральном уровне, уровне субъектов, бизнеса и общества (опыт США); согласование стратегического планирования со всеми представителями общества до начала реализации программ (опыт КНР). Результаты анализа документов могут быть использованы в качестве теоретической базы в отдельных разделах образовательных дисциплин, а также в научных исследованиях, проводимых по направлению стратегического планирования.

Ключевые слова: стратегическое планирование, управление, устойчивое развитие, безопасность, Российская Федерация, опыт зарубежных стран, США, Китай, Франция, Германия

Для цитирования: Швецова А.А., Манаева И.В. Опыт ведущих стран в стратегическом планировании и возможности его использования в России. *Экономика промышленности*. 2024;17(4):424–436. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1375>

The experience of leading countries in strategic planning and the possibility of its application in Russia

A.A. Shvetsova, I.V. Manaeva ✉

Belgorod National Research University,
85 Pobedy Str., Belgorod 308015, Russian Federation

✉ manaeva_i@bsu.edu.ru

Abstract. National competitiveness and sustainability of socio-economic processes in towns and regions of the Russian Federation is directly dependent on the competent strategic planning, and it determines the need to study international experience in this subject area. The article presents a review of strategic planning documents of the European Union, Germany, France, the United States of America and the People's Republic of China. The study of the international experience will allow implementing their best practices in a number of individual areas of strategic planning of the Russian Federation including the

promotion of Russia's interests and values in the neighbour countries (Belarus, Kazakhstan, China, etc.) (EU experience); development of strategies and programs through government orders (the experience of France); determination of priority directions of developing the national economy at the federal level, the level of subjects, business and society (the US experience); coordination of strategic planning with all representatives of the public before starting the programs' implementation (the experience of China). The results of the analysis of the documents also can be used as atheoretical base in separate sections of educational disciplines as well as in scientific research conducted in the field of strategic planning.

Keywords: strategic planning, management, sustainable development, security, Russian federation, international experience, the USA, China, France, Germany

For citation: Shvetsova A.A., Manaeva I.V. The experience of leading countries in strategic planning and the possibility of its application in Russia. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2024;17(4):424–436. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1375>

一些主要国家在战略规划方面的经验及其在俄罗斯应用的可能性

A.A. 什韦佐娃, I.V. 马纳耶娃 ✉

别尔哥罗德国立研究型大学, 308015, 俄罗斯联邦别尔哥罗德胜利大街85号

✉ manaeva_i@bsu.edu.ru

摘要: 俄罗斯联邦城市 and 地区的国家竞争力与社会经济进程的可持续性直接取决于是否有能力进行战略规划, 这决定了在该学科领域学习外国经验的必要性。本文概述了欧盟、德国、法国、美国 and 中华人民共和国的战略规划文件。对外国经验的研究有助于将其最佳实践应用于俄罗斯联邦战略规划的某些领域, 包括: 在邻国 (白俄罗斯、哈萨克斯坦、中国等) 宣传俄罗斯联邦的利益和价值观 (欧盟国家的经验); 通过国家订购制定战略和计划 (法国的经验); 在联邦、主体、企业和社会层面确定国家经济发展的优先领域 (美国的经验); 在计划开始实施之前与所有社会代表协调战略规划 (中国的经验)。文件分析的结果也可作为教育学科某些部分以及战略规划方向科学研究的理论依据。

关键词: 战略规划、管理、可持续发展、安全、俄罗斯联邦、外国经验、美国、中国、法国、德国

Введение

В Российской Федерации стратегическое планирование осуществляется на федеральном, региональном и муниципальных уровнях и регулируется Федеральным законом от 28.06.2014 № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации». На каждом уровне предусмотрена разработка документов стратегического планирования в рамках целеполагания, прогнозирования, планирования и программирования.

На федеральном уровне это: ежегодное послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации; стратегия социально-экономического развития Российской Федерации; стратегия национальной безопасности Российской Федерации, а также основы государственной политики, доктрины и другие документы в сфере обеспечения национальной безопасности Российской Федерации; стратегия научно-технологического развития

Российской Федерации; отраслевые документы стратегического планирования Российской Федерации; стратегия пространственного развития Российской Федерации; стратегии социально-экономического развития макрорегионов; прогноз научно-технологического развития Российской Федерации; стратегический прогноз Российской Федерации; прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочный период; бюджетный прогноз Российской Федерации на долгосрочный период; прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на среднесрочный период; основные направления деятельности Правительства Российской Федерации; национальные проекты; государственные программы Российской Федерации; государственная программа вооружения; схемы территориального планирования Российской Федерации; планы деятельности федеральных органов исполнительной власти.

На региональном уровне: стратегия социально-экономического развития субъекта Российской Федерации; прогноз социально-экономического развития субъекта Российской Федерации на долгосрочный период; прогноз социально-экономического развития субъекта Российской Федерации на среднесрочный период; план мероприятий по реализации стратегии социально-экономического развития субъекта Российской Федерации; государственные программы субъекта Российской Федерации; схема территориального планирования двух и более субъектов Российской Федерации.

На муниципальном уровне: стратегия социально-экономического развития муниципального образования; план мероприятий по реализации стратегии социально-экономического развития муниципального образования; прогноз социально-экономического развития муниципального образования на среднесрочный или долгосрочный период; бюджетный прогноз муниципального образования на долгосрочный период; муниципальные программы¹. Несмотря на существующую разноуровневую систему государственного стратегического планирования, система стратегического управления и планирования Российской Федерации нуждается в постоянном совершенствовании в связи с выявлением новых внутренних и внешних угроз², что определяет необходимость анализа зарубежного опыта стратегического планирования.

Методологические подходы к стратегическому планированию

Неотъемлемой частью процесса планирования является методология стратегического планирования. В основе разрабатываемых методологий лежит анализ внешней и внутренней среды, ключевых направлений и выявление возможных вариантов стратегий.

На сегодняшний день в Российской Федерации не выработана единая методология стратегического планирования. В то же время необходимо отметить существующие подходы

к сущности и содержанию понятия «стратегия»: во-первых, это стратегия как план или система мероприятий; во-вторых, это стратегия как видение, направленное на развитие; в-третьих, это стратегия как документ [1–5].

В теории существуют различные концепции и методологии стратегического планирования. В.Л. Квинтом создана теоретико-методологическая база стратегирования: выход из кризиса в экономике и политике [6]; культурные и религиозные факторы разработки и реализации стратегии [7]; качество жизни в национальных стратегиях [8]; философские корни теории стратегии [9]; теория и методология стратегирования Кузбасса [10]; стратегирование технологического суверенитета [10] и др. В работе Г.В. Федотовой [11] подробно рассматривается система государственного стратегического планирования, состоящая из взаимосвязанных процессов. В целом эти процессы образует замкнутый цикл моделирования сценария социально-экономического развития экономической системы на долгосрочную перспективу. Кроме того, автор отмечает, что в рамках системы предусмотрена разработка планов, прогнозов и стратегий. С.Н. Мирошников [12] исследовал особенности стратегического планирования на уровне субъектов России. Автор отметил, что эффективность реализации стратегических планов является главным условием внедрения систем стратегического планирования, а развитие городов – важнейшим направлением пространственного развития. И.А. Антипин с соавторами [13] подробно изучили проблемы управления пространственным развитием территорий РФ и пришли к следующему выводу: различные аспекты пространственного развития с каждым годом все более активно учитываются в документах стратегического планирования регионов России. Также они отметили, что на основе более эффективной интеграции моделирования пространственного развития территории субъекта РФ в систему стратегического планирования возможно оценить имеющийся потенциал территории и перспективные направления его использования и обосновать основные направления развития ключевых секторов экономики. Т.В. Светник и Е.В. Федюкович [14] считают, что стратегическое планирование представляет осуществляемый на систематической основе процесс постоянной адаптации социально-экономического развития территории к непрерывно меняющимся рыночным условиям. Для достижения долгосрочного и стабильного успеха в территориальном развитии регионам необходимы

¹ Федеральный закон от 28.06.2014 № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/fe7140d7cfc6c641ae322fe648d99702d8b2a8f1/ (дата обращения: 11.09.2024).

² Путин утвердил «Основы госполитики в сфере стратегического планирования в России». 8 ноября 2021. Режим доступа: <https://tass.ru/politika/12865437> (дата обращения: 27.08.2024).

эффективные стратегии. В свою очередь для реализации таких стратегий требуются специальные навыки, новые инструменты и технологии управления.

Изучение зарубежного опыта стран, использующих разнообразные системы стратегического планирования, позволит применить лучшие практики в целях совершенствования национальной системы.

Стратегическое планирование в странах Европейского союза

Документы Европейского союза по стратегическому планированию. Каждый год Европейская комиссия (ЕК) выпускает стратегические документы в цикле стратегического планирования и программирования. Одним из основных действующих документов стратегического планирования Европейского союза (ЕС) является «Стратегический план 2020–2024» (*Strategic Plan 2020–2024*)³. Данный Стратегический план состоит из двух основных частей: 1) реализация приоритетов Комиссии (куда входят следующие подпункты: информация о миссии, рабочий контекст, стратегия, ключевые показатели эффективности) и 2) модернизация управления (управление человеческими ресурсами, рациональное финансовое управление, управление рисками мошенничества, цифровая трансформация и управление информацией, рациональное управление окружающей средой). Безусловно, будущее ЕС связано с его соседями и партнерами, и первостепенное значение для ЕС – это стабильный, безопасный и процветающий регион(ы), расположенный(е) вокруг ЕС. Основное направление Стратегии – тесная работа с соседними странами и партнерами. Основными приоритетами работы ЕК являются:

- европейский «зеленый» курс;
- развитие цифровой эпохи в Европе;
- экономика для людей;
- продвижение европейского образа жизни.

Генеральный директорат ЕК по вопросам добрососедства и переговорам о расширении (DG NEAR), используя свои полномочия, поддерживает эти направления для создания современного цифрового государственного управления. Важно отметить, что ЕК тесно, в рамках

Стратегии, сотрудничает с Европейской службой внешних связей (ЕСВС), действия которой также направлены на укрепление стабильности и безопасности вокруг Европы и содействию политическим и экономическим реформам; помогает продвигать ценности ЕС, а также способствует развитию особых отношений между странами ЕС и соседними странами. В период обострения геополитической конкуренции ЕС всячески старается повсеместно продвигать свои интересы и иметь больше рычагов влияния в целях достижения общих целей европейских стран, среди которых стабилизация политических, социально-экономических условий и условий безопасности, укрепление государственной и социальной устойчивости стран – соседей ЕС перед лицом угроз и давления, с которыми они сталкиваются, включая проблемы, связанные с миграцией и мобильностью. Одна из основных целей в рамках данной Стратегии – укрепление позиций Европы в мире. Для ее достижения предполагается решение следующих задач: приближение Западных Балкан к ЕС и рост их экономического потенциала; укрепление регионального сотрудничества и добрососедских отношений на Западных Балканах; обеспечение надежной платформы для улучшения взаимоотношений с Турцией; выведение Восточного партнерства на новый уровень; достижение стабильности, устойчивости, экономического развития и региональной интеграции.

К основным мероприятиям и результатам политики на период 2020–2024 гг. можно отнести: непрерывную реализацию «Соглашения об ассоциации между ЕС и Турцией» (*EU–Turkey Association Agreement*)⁴, особенно в рамках отраслевых подкомитетов; запуск модернизации Таможенного союза; поддержку беженцев и принимающих сообществ в Турции; постоянный мониторинг событий и предоставление политических рекомендаций в отношении демократии, верховенства закона, судебной системы, безопасности, основных прав и свобод; реализации политических приоритетов.

Ключевые индикаторы эффективности Стратегического плана Европейского союза указаны в **табл. 1**.

³ Strategic plan 2020–2024. 30 October 2020. Available at: https://commission.europa.eu/document/download/f0b3b894-5e85-43ab-bc7f-bafccea27c1_en?filename=near_sp_2020_2024_en.pdf (accessed on 13.09.2024).

⁴ EU–Turkey Association Agreement (the “Ankara Agreement”). Available at: <https://www.europarl.europa.eu/delegations/en/d-tr/documents/eu-texts> (accessed on 20.09.2024).

Таблица 1 / Table 1

Ключевые индикаторы эффективности стратегического плана ЕС

Key performance indicators of the EU Strategic Plan

Индикатор	Содержание
1. Степень готовности Западных Балкан к сближению с ЕС	Этот индикатор показывает, где находятся страны с точки зрения их соответствия законодательству ЕС. Измеряется по шкале от 1 до 5
2. Количество приоритетов партнерства, программ Ассоциации или эквивалентных документов, которые пересмотрены, приняты или согласованы с Восточным и Южным соседством	Показатель отслеживает количество ключевых двусторонних политических документов (Приоритеты партнерства, Повестки дня Ассоциации или эквивалентные документы), пересмотренные, принятые в течение этого периода
3. Количество рабочих мест, напрямую поддерживаемых/поддержанных ЕС	Анализ изменения количества рабочих мест, поддерживаемых в рамках программ ЕС
4. Предполагаемый риск закрытия транзакции	RER (дает оценку остаточных ошибок, не обнаруженных системой внутреннего контроля)
5. Готовность стран расширения по политическим критериям	Этот индикатор показывает, на каком этапе подготовки находятся страны расширения; соответствие ключевым областям критериев политического вступления: функционирование судебной власти, борьба с коррупцией и организованной преступностью, свобода выражения мнений и реформа государственного управления. Измеряется по шкале от 1 до 5
6. Управление в странах – соседях ЕС	Три показателя (право голоса и подотчетность эффективность правительства, политическая стабильность и отсутствие насилия/терроризма) измеряются для стран Востока и Юга. Они измеряются по шкале от 0 до 100
7. Верховенство закона в соседних странах ЕС	Восприятие степени доверия и соблюдения правил общества, вероятность преступлений и насилия и т.д.
8. Контроль коррупции в соседних странах ЕС	Восприятие степени осуществления государственной власти в интересах частного сектора
9. Учет расходов на исследования по изменению климата в бюджете ЕС	Учет расходов, связанных с климатом (мейнстрим) в бюджете ЕС
10. Уровень занятости лиц в возрасте от 20 до 64 лет	Анализ уровня занятости, рассчитываемый путем деления числа лиц в возрасте от 20 до 64 лет на занятость всего населения той же возрастной группы
11. Цифровые навыки	Учет показателя базовых цифровых навыков по отдельным видам деятельности, выполняемые людьми в возрасте от 16 до 74 лет. Учет интернет-трафика в четырех конкретных областях (информация, общение, решение проблем, создание контента). Предполагается, что лица, выполнявшие определенную деятельность, обладают соответствующими навыками; поэтому показатель можно рассматривать как показатель цифровых компетенций и навыков людей. Индикатор базовых цифровых навыков показывает долю лиц с «базовыми» и «выше базовыми» навыками
12. Совокупный балл в индексе цифровой экономики и общества (DESI)	Использование индекса DESI для обобщения соответствующих показателей цифровой эффективности Европы и отслеживающий эволюцию государств – членов ЕС в цифровой конкурентоспособности. Более высокие значения указывают на лучшую производительность
13. Проведение третьими странами миграционной политики, направленной на содействие упорядоченной, безопасной, регулярной и ответственной миграции, мобильности людей	Этот индикатор характеризует состояние национальной миграционной политики и основанный на шести политиках области: права мигрантов, общегосударственная/научно-обоснованная политика, сотрудничество и партнерство, социально-экономическое благополучие, мобильность, аспекты кризисов, а также безопасная, упорядоченная и легальная миграция. Показатель показывает процентную долю правительств стран, расположенных рядом с ЕС, которые соответствуют требованиям
14. Количество государственных политик по управлению миграцией и/или принудительному перемещению (данный индикатор находится в стадии разработки)	Измерение планов и стратегий по управлению миграцией

Окончание табл. 1 / End of Table 1

Индикатор	Содержание
15. Число финансируемых ЕС мероприятий по оказанию помощи по улучшению соответствия систем границ и безопасности ЕС/Шенгенскому законодательству	Анализ количества мероприятий, финансируемых ЕС, по улучшению соответствия систем границ и безопасности ЕС/Шенгенскому законодательству
16. Количество мигрантов, вынужденно перемещенных, которые получают поддержку ЕС	Измерение количества перемещенных лиц, получивших защиту и помощь при поддержке ЕС как часть общих усилий по контролю за миграцией
17. Количество микро, малых и средних предприятий, применяющих устойчивые практики потребления и производства при поддержке ЕС	Анализ результатов вмешательств, поддерживаемых ЕС, в целях продвижения устойчивых и производственных практик на уровне частных компаний
18. Предотвращение выбросов парниковых газов (ПГ) (тонны CO ₂ -экв.) при поддержке ЕС	Измерение объемов газовых выбросов

Источник: составлено авторами по данным источника: *Gross Domestic Product (GDP)*. Режим доступа: <https://www.worlddeconomics.com/Indicator-Data/Economic-Size/Revaluation-of-GDP> (дата обращения: 13.09.2024).

Source: compiled by the authors based on data from the source: *Gross Domestic Product (GDP)*. Available at: <https://www.worlddeconomics.com/Indicator-Data/Economic-Size/Revaluation-of-GDP.aspx> (accessed on 13.09.2024).

К стратегическим документам ЕС относятся: «Стратегия единого цифрового рынка для Европы» (*A Digital Single Market Strategy for Europe*)⁵, «Стратегические рамки ЕС по охране труда и технике безопасности на 2021–2027 годы» (*EU strategic framework on health and safety at work 2021–2027 Occupational safety and health in a changing world of work*)⁶, «Европейский столп социальных прав» (*European Pillar of Social Rights*)⁷, «Более безопасная и здоровая работа для всех» (*Safer and Healthier Work for All*)⁸, «Стратегический план на 2020–2024 годы – Сельское хозяйство и развитие сельских районов» (*Strategic Plan 2020–2024 for*

Agriculture and Rural Development)⁹, «Стратегический план на 2020–2024 годы – Бюджет» (*Strategic Plan 2020–2024 – Budget*)¹⁰, «Стратегический план на 2020–2024 годы – Климатические действия» (*Strategic Plan 2020–2024 – Climate Action*)¹¹, «Стратегический план на 2020–2024 годы – Исследования и инновации» (*Strategic Plan 2020–2024 – Research and Innovation*)¹², «Стратегический план на 2020–2024 годы – Коммуникационные сети, контент и технологии» (*Strategic Plan 2020–2024 – Communications Networks, Content and Technology*)¹³,

⁵ A Digital Single Market Strategy for Europe. Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/8210/DSM_communication.pdf (accessed on 18.09.2024).

⁶ EU strategic framework on health and safety at work 2021–2027 Occupational safety and health in a changing world of work. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0323&qid=1626089672913#PP1Contents> (accessed on 28.09.2024).

⁷ European Pillar of Social Rights – Building a fairer and more inclusive European Union. Available at: <https://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=1226&langId=en> (accessed on 14.09.2024).

⁸ Safer and Healthier Work for All – Modernisation of the EU Occupational Safety and Health Legislation and Policy. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2017:012:FIN> (accessed on 16.09.2024).

⁹ Strategic plan 2020–2024 for Agriculture and Rural Development. Available at: https://commission.europa.eu/document/download/d1d8d936-7a6f-4e43-ac3d-d5be6f41f525_en?filename=agri_sp_2020_2024_en.pdf (accessed on 15.09.2024).

¹⁰ Strategic plan 2020–2024 – Budget. Available at: https://commission.europa.eu/document/download/a714e6b6-363a-430a-8234-ae9ed4ecf9f3_en?filename=strategic_plan_budg_2020-2024_revised.pdf (accessed on 10.09.2024).

¹¹ Strategic plan 2020–2024 – Climate Action. Available at: https://commission.europa.eu/document/download/bd6a6a6b-c39d-4098-9b99-d8ed78a32b15_en?filename=clima_sp_2020-2024_en.pdf (accessed on 15.09.2024).

¹² Strategic plan 2020–2024 – Research and Innovation. Available at: https://commission.europa.eu/system/files/2020-11/rtd_sp_2020_2024_en.pdf (accessed on 02.09.2024).

¹³ Strategic plan 2020–2024 – Communications Networks, Content and Technology. Available at: https://commission.europa.eu/document/download/ba32bdc7-9324-4eee-b9b3-3d91ad16ce00_en?filename=cnect_sp_2020_2024_en.pdf (accessed on 10.09.2024).

«Стратегический план 2020–2024 годы – Конкуренция» (*Strategic plan 2020–2024 – Competition*)¹⁴, «Стратегический план на 2020–2024 годы – Сотрудничество и развитие» (*Strategic Plan 2020–2024 – Cooperation and Development*)¹⁵, «Стратегический план 2020–2024 – Оборонная промышленность и космос» (*Strategic Plan 2020–2024 – Defence Industry and Space*)¹⁶, «Стратегический план на 2020–2024 годы – Экономические и финансовые вопросы» (*Strategic Plan 2020–2024 – Economic and Financial Affairs*)¹⁷, «Стратегический план 2020–2024 – Образование, молодежь, спорт и культура» (*Strategic Plan 2020–2024 – Education, Youth, Sport and Culture*)¹⁸, «Стратегический план на 2020–2024 годы – Занятость, социальные вопросы и инклюзивность» (*Strategic Plan 2020–2024 – Employment, Social Affairs and Inclusion*)¹⁹, «Стратегический план 2020–2024 – Энергетика» (*Strategic Plan 2020–2024 – Energy*)²⁰, «Стратегический план на 2020–2024 годы – Окружающая среда» (*Strategic Plan 2020–2024 – Environment*)²¹, «Стратегический план на 2020–2024 годы – Евростат» (*Strategic Plan*

2020–2024 – Eurostat)²², «Стратегические планы на 2020–2024 годы – Союз финансовой стабильности, финансовых услуг и рынков капитала» (*Strategic Plans 2020–2024 – Financial stability, financial services and capital markets union*)²³, «Стратегический план на 2020–2024 годы – Инструменты внешней политики» (*Strategic Plan 2020–2024 – Foreign Policy Instruments*)²⁴ и другие²⁵.

Стратегическое планирование в ФРГ.

В 2023 г. ФРГ находилась на 8-м месте в мире в рейтинге Глобального инновационного индекса (The Global Innovation Index, 2023)²⁶, на 22-м месте в рейтинге стран мира по уровню глобальной конкурентоспособности (IMD World Competitiveness Ranking)²⁷. На сегодняшний день Германия входит в группу ведущих экономически развитых государств мира, а по мощи и потенциалу превосходит Францию, Великобританию и Италию. В 2023 г. ФРГ опубликовала первую «Стратегию национальной безопасности» (*Nationale Sicherheitsstrategie*)^{28,29}, которая является важнейшим документом в сфере стратегического планирования и посвящена комплексной безопасности. Данный документ состоит из нескольких разделов, в каждом из которых подробно описана позиция ФРГ по конкретному вопросу (табл. 2).

¹⁴ Strategic plan 2020–2024 – Competition. Available at: https://commission.europa.eu/document/download/04f74b12-2406-4f0a-9ef0-75d917c6447d_en?filename=comp_sp_2020_2024_en.pdf (accessed on 12.09.2024).

¹⁵ Strategic plan 2020–2024 – Cooperation and Development. Available at: https://commission.europa.eu/document/download/940ca9e9-1e68-4afb-b99d-bc9702eca975_en?filename=devco_sp_2020_2024_en.pdf (accessed on 15.09.2024).

¹⁶ Strategic plan 2020–2024 – Defence Industry and Space. Available at: https://commission.europa.eu/document/download/1f14d5ce-7a06-4cfe-94a8-e09225a67b35_en?filename=defis_sp_2020_2024_en.pdf (accessed on 01.10.2024).

¹⁷ Strategic plan 2020–2024 – Economic and Financial Affairs. Available at: https://commission.europa.eu/document/download/6eab7c72-f01a-4e2a-a3e7-23f596ee6071_en?filename=ecfin_sp_2020_2024_en.pdf (accessed on 03.10.2024).

¹⁸ Strategic plan 2020–2024 – Education, Youth, Sport and Culture. Available at: https://commission.europa.eu/document/download/7f3ee4a6-a334-41fd-bde8-052e97b728c0_en?filename=eac_sp_2020_2024_en.pdf (accessed on 20.09.2024).

¹⁹ Strategic plan 2020–2024 – Employment, Social Affairs and Inclusion. Available at: https://commission.europa.eu/document/download/92b6ed43-6009-4099-b9a2-5d152493cf7d_en?filename=empl_sp_2020_2024_en.pdf (accessed on 04.09.2024).

²⁰ Strategic plan 2020–2024 – Energy. Available at: https://commission.europa.eu/document/download/91d0fe9e-6949-49bb-86a0-4406c9b0ffdc_en?filename=ener_sp_2020_2024_en.pdf (accessed on 10.10.2024).

²¹ Strategic plan 2020–2024 – Environment. Available at: https://commission.europa.eu/publications/strategic-plan-2020-2024-energy_en (accessed on 10.09.2024).

²² Strategic plan 2020–2024 – Eurostat Available at: https://commission.europa.eu/document/download/a2d2f59b-6212-4dc3-a703-f8b58ee6c3d2_en?filename=estat_sp_2020_2024_en.pdf (accessed on 07.09.2024).

²³ Strategic plans 2020–2024 – Financial stability, financial services and capital markets union. Available at: https://commission.europa.eu/publications/strategic-plans-2020-2024-financial-stability-financial-services-and-capital-markets-union_en (accessed on 21.09.2024).

²⁴ Strategic plan 2020–2024 – Foreign Policy Instruments. Available at: https://commission.europa.eu/document/download/eccdd78d-5c6d-420e-98a3-2f031870a6e5_en?filename=fpi_sp_2020_2024_en.pdf (accessed on 11.09.2024).

²⁵ Strategic plan 2020–2024 – Foreign Policy Instruments. Available at: https://commission.europa.eu/publications/strategic-plan-2020-2024-foreign-policy-instruments_en (accessed on 10.09.2024).

²⁶ The Global Innovation Index 2023. Available at: <https://www.wipo.int/ru/web/global-innovation-index/2023/index> (accessed on 03.09.2024).

²⁷ Wehrhaft. Resilient. Nachhaltig. Integrierte Sicherheit für Deutschland. Available at: <https://www.nationalesicherheitsstrategie.de> (accessed on 13.10.2024).

²⁸ Wehrhaft. Resilient. Nachhaltigkeit. Integrierte Sicherheit für Deutschland. Available at: <https://www.bmvg.de/resource/bl-ob/5636374/38287252c5442b786ac5d0036ebb237b/nationalesicherheitsstrategie-data.pdf> (accessed on 04.09.2024).

²⁹ Стойкость. Резильентность. Устойчивое развитие. Интегрированная безопасность для Германии. Национальная стратегия безопасности. Режим доступа: <https://www.nationalesicherheitsstrategie.de/national-security-strategy-RU.pdf> (дата обращения: 20.09.2024).

Таблица 2 / Table 2

Направления Стратегии национальной безопасности ФРГ

Directions of the German National Strategy

Раздел	Краткое описание
Германия в Европе и мире	– формирование свободного международного порядка; – вооружение государства; – обеспечение устойчивости общества и экономики; – особая ответственность страны в Европе и на международном уровне за мир, безопасность, процветание и стабильность; – активное участие в работе ООН и других международных организациях; – защита ценностей (достоинства человека, свобода собраний и религии и др.); – защита народа, суверенитета и территориальной целостности страны, ЕС и союзников; – защита свободного, демократического, основного порядка; – ответственность за природные ресурсы государства; – защита социальной рыночной экономики, международной интеграции; – укрепление дееспособности и сплоченности европейцев, укрепление и расширение дружбы с Францией; – подтверждение сотрудничества с трансатлантическим альянсом, доверительного партнерства с США; – противостояние разнообразным формам гибридных угроз в рамках расширения международного сотрудничества; – особое значение для Германии и Европы. Сотрудничество со странами Индо-Тихоокеанского региона; – обеспечение морской безопасности Германии; – борьба с ростом кибератак и организованной международной преступностью
Комплексная безопасность для Германии	– углубление ЕС, консолидация и расширение евроатлантических структур – краеугольные камни немецкой внешней политики и политики безопасности; – защита ценностей и интересов Германии; – обеспечение социальной сплоченности народа государства; – эффективное противостояние разнообразным формам гибридных угроз
Разработка совместной интегрированной безопасности	– всестороннее определение политики и сосредоточение ее на индивидуальном подходе; – решение различных задач Стратегии, не создавая дополнительную нагрузку на федеральный бюджет в целом; – укрепление альянса (Федерального правительства и Бундестага) и оборонного потенциала Бундесвера; – обеспечение немецкой, европейской и трансатлантической безопасности посредством НАТО; – решение проблемы увеличения ядерных рисков посредством надежного ядерного сдерживания и поддержания переговоров по контролю над ядерными вооружениями, разоружению и нераспространению; – расширение национальных возможностей в области материально-технического обеспечения, здравоохранения, управления дорожным движением и др.; – укрепление НАТО и реализации Стратегии концепции НАТО; – обеспечение оборонной конкуренции страны, сотрудничество в ЕС и Европе; – увеличение инвестиций в комплексную безопасность Германии; – осуществление межправительственных сделок в сфере индустрии безопасности и обороны; – расширение кибер- и космических возможностей; – развитие производства и внедрение высокоточного оружия; – обеспечение совместных действий государства, общества и бизнеса; – поддержка исследований в области безопасности; – защита критически важных инфраструктур компаний, имеющих отношение к безопасности; – повышение устойчивости земель к кризисам и стихийным бедствиям; – обеспечение эффективного и децентрализованного накопления фармацевтических препаратов, медицинских товаров; регулярные учения для персонала в случае кризисов в области здравоохранения; – расширение возможностей защиты от химических, биологических, радиологических и ядерных угроз; – создание всеобъемлющей правовой основы; – развитие международных режимов экспортного контроля и др.

Источник: составлено авторами по данным источника: *Nationale Sicherheitsstrategie*. Режим доступа: <https://www.bmvg.de/resource/blob/5636374/%2038287252c5442b786ac5d0036ebb237b/nationale-sicherheitsstrategie-data.pdf> (дата обращения: 07.09.2024).

Source: compiled by the authors based on data from the source: *Nationale Sicherheitsstrategie*. Available on: <https://www.bmvg.de/resource/blob/5636374/%2038287252c5442b786ac5d0036ebb237b/nationale-sicherheitsstrategie-data.pdf> (accessed on 07.09.2024).

Последний раздел данной Стратегии безопасности является наиболее обширным и содержит большое количество направлений развития Германии в ближайшее время. В целом, реализация этого документа способствует дальнейшему развитию стратегической культуры государства. Также к документам стратегического планирования ФРГ относится «Стратегия устойчивого развития» (*Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrat*)³⁰, основанная на целостном и интегрированном подходе. Стратегия направлена на экономически эффективное, социально-сбалансированное и экологически совместимое развитие, при котором планетарные границы вместе с ориентацией на жизнь в достоинстве для всех образуют абсолютные ограждения для политических решений. Германия, стремясь достичь 17 глобальных целей устойчивого развития, принимает различные меры и тесно взаимодействует с другими странами.

Стратегическое планирование во Франции. Франция является высокоразвитой страной и, согласно рейтингу стран мира по Индексу глобальной конкурентоспособности (*Global Competitiveness Index*), в 2023 г. занимала 33-е место³¹, 10-е место по ВВП. Во Франции стратегии и отраслевые программы разрабатываются посредством государственных заказов. В ноябре 2022 г. был опубликован документ в области безопасности, разоружения и нераспространения в рамках стратегического видения, подробно изложенный в «Национальном стратегическом обзоре»³². Данный документ состоит из 10 следующих разделов (целей):

1. Надежное ядерное сдерживание: достижение данной цели возможно только при учете глобальных тенденций и развития потенциала конкурентов страны; укреплении стратегической культуры и национальной устойчивости; усиленном мониторинге фундаментальных и прикладных исследовательских групп, национальной промышленной структуры, связанной с техническим, промышленным и ноу-хау направлениями.

2. Единая и устойчивая Франция: для достижения цели необходимо усилить устойчивость путем пропаганды духа обороны и обеспечения национального единства; подготовить государ-

ство к кризисам; развивать человеческие ресурсы и материальный потенциал; усиливать привлекательность оружейной профессии; повышать осведомленность в вопросах обороны и национальной безопасности для государственных служащих; осуществлять непрерывное образование участников кризисного управления; поддерживать армии, участвующие в конфликте высокой интенсивности; повышать национальную устойчивость за счет опыта кризисного планирования и управления.

3. Экономика, способствующая духу обороны: создание такой экономики предполагает мобилизацию всех ресурсов нации для того, чтобы переключиться на военную экономику, т.е. организовать ее так, чтобы французская промышленность могла поддерживать долгосрочные военные усилия в случае необходимости для вооруженных сил или в интересах партнера. В рамках данной цели необходимо создание стратегических запасов; перемещение наиболее производственных цепочек; диверсификация поставок; развитие секторов переработки отходов.

4. Первоклассная киберустойчивость: в рамках данной цели планируется активизация усилий в области цифровизации с привлечением государственного и частного секторов; создание региональных групп реагирования; оказание помощи всем жертвам киберзлонамеренных действий; внесение предложений по регулированию торговли и борьбе с распространением оружия кибербезопасности; эффективное использование инструментов экспортного контроля товаров и технологий.

5. Франция – образцовый союзник в Евро-Атлантическом регионе: здесь говорится о необходимости внесения особого вклада во все миссии Альянса; учете важной роли НАТО в безопасности страны и ЕС; усилении роли Франции в Альянсе; поддержке модернизации, расширения и углубления партнерства ЕС–НАТО.

6. Франция – один из драйверов европейской стратегической автономии: предполагается повышение взаимной дополняемости ЕС–НАТО; содействие более тесному сотрудничеству в ключевых областях; достижение высокого уровня военной помощи посредством предоставления оборудования и подходящей системы обучения и др.

7. Франция – надежный партнер суверенитета и поставщик безопасности, заслуживающий доверия: разработка инклюзивной стратегии для других стран; углубление отношений с Германией, а также Италией и Испанией; укрепление стратегических партнерств с членами ЕС; установление партнерских отношений с Африкой и др.

8. Автономия оценки и суверенитет принятия решений: предусмотрено развитие гибкой ори-

³⁰ Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Available at: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte-der-bundesregierung/nachhaltigkeitspolitik/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-318846> (accessed on 03.10.2024).

³¹ Revue nationale Stratégique 2022. Available at: <https://www.vie-publique.fr/files/rapport/pdf/287163.pdf> (accessed on 16.08.2024).

³² Construire la France de demain. 11.08.2021. Available at: <https://www.info.gouv.fr/grand-dossier/france-reliance> (accessed on 20.09.2024).

ентации разведывательных служб и сохранение универсальности; повышение эффективности дипломатической и консульской сферы; увеличение инвестиций в технологические сферы; развитие эффективности и гибкости спецслужб и др.

9. Способность защищаться и действовать: усовершенствование национальной организации для защиты критической инфраструктуры; расширение спектра вариантов реагирования; разработка средств реагирования на военные компании, частные компании и др.

10. Свобода действий и возможность ведения военных действий (способность страны демонстрировать свою решимость, препятствовать любым враждебным действиям, вступить в конфронтацию, если это необходимо)³³.

В рамках каждого раздела описаны конкретные действия в рамках направлений. Особое внимание в данном документе уделено вопросам ужесточения конкуренции на международном рынке, архитектуре коллективной безопасности, глобальным проблемам террористической угрозы и продовольственной безопасности, миграции, изменению климата, демографии, пандемии и др. Данный Национальный стратегический обзор Французской Республики является Стратегической концепцией ЕС и НАТО.

Интересы Франции охватывают все факторы, которые способствуют ее безопасности, процветанию и влиянию:

- защита национальной территории, в том числе за рубежом, французских граждан от внешних угроз и попыток внутренней дестабилизации, включая террористическую угрозу;
- безопасность государств – членов ЕС и Евро-Атлантического региона в соответствии с договорами;
- стабильность соседства;
- свобода доступа к общим пространствам.

Среди документов стратегического планирования Франции следует также выделить план по Восстановлению Франции до 2030 г. (*Le plan de relance pour l'Europe en France, 2030*)³⁴, Стратегию устойчивого развития (*France – CAP Strategic Plan*)³⁵, Экономический план для будущего

Франции и Европы (*National Security Strategy, 2022*)³⁶, Стратегический план Франции (*Federal Sustainability Plan*)³⁷.

Стратегическое планирование в Соединенных Штатах Америки. Соединенные Штаты Америки относятся к группе развитых стран и входят в пятерку крупнейших экономик мира. Стратегическое планирование в США сводится к определению перспективных направлений развития экономики на федеральном уровне, уровне штатов, бизнеса и общества. Важно отметить то, что в системе стратегического планирования содержатся, в основном, документы краткосрочного планирования. Важнейшим документом стратегического планирования США является «Стратегия национальной безопасности» – 2022 (*National Security Strategy, 2022*)³⁸, которая состоит из четырех основных разделов и разработана исполнительной ветвью власти США. В первом разделе Стратегии говорится о двух основных стратегических проблемах для США: соревнования между крупнейшими странами за то, что будет дальше, и проблемы, связанные с изменением климата, нехватки продовольствия, инфекционными заболеваниями, терроризмом, нехваткой энергии и инфляцией. Также выделена основная цель США – свободный, открытый, процветающий и международный порядок. Для достижения этой цели США намерены усилить инвестирование, создать максимально сильную коалицию стран для формирования глобальной стратегической среды и решения общих проблем, модернизировать и укрепить вооруженные силы. Во втором разделе Стратегии говорится о том, что США необходимо инвестировать больше средств в национальную экономику для сохранения конкурентного преимущества, придерживаться современной промышленной и инновационной стратегии, продолжать инвестировать в людей и укреплять демократию, создавать и сохранять коалиций, развивать и расширять человеческое достоинство, модернизировать и укреплять вооруженные силы. В третьем разделе упоминается Россия, которая, по мнению США, представляет большую опасность, а также КНР, являющаяся единственным конку-

³³ Données et études statistiques. Stratégie de développement durable. 14.11.2018. Available at: <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/strategie-de-developpement-durable> (accessed on 20.09.2024).

³⁴ Le plan de relance pour l'Europe en France. Available at: https://france.representation.ec.europa.eu/strategie-et-priorites/le-plan-de-relance-europeen_fr (accessed on 12.09.2024).

³⁵ France – CAP Strategic Plan. Available at: https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/cap-strategic-plans/france_en (accessed on 10.09.2024).

³⁶ National Security Strategy – 2022. October 21, 2022. Available at: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/10/Biden-Harris-Administrations-National-Security-Strategy-10.2022.pdf> (accessed on 13.09.2024).

³⁷ Federal Sustainability Plan. Available at: <https://www.sustainability.gov/federaalsustainabilityplan/> (accessed on 13.08.2024).

³⁸ Comprehensive Economic Development Strategy (CEDs). Available at: <https://www.eda.gov/resources/comprehensive-economic-development-strategy?q=/grant-resources/tools/comprehensive-economic-development-strategy> (accessed on 19.09.2024).

рентом, пытающимся изменить мировой порядок. США намерены поддерживать и расширять международное сотрудничество по общим проблемам, например, повышение федеральной, государственной и местной готовности к растущим климатическим угрозам. Также говорится о пандемии и биологической защите США в случае угроз (на примере COVID-19), об отсутствии продовольственной безопасности, современных технологиям и инновациям, терроризме и контроле над вооружениями, в том числе, о проблемах всего человечества – распространении ядерного, химического и биологического оружия, и др. Четвертый раздел посвящен таким вопросам как содействие свободному и открытому Индо-Тихоокеанскому региону (США продолжают работу с другими региональными государствами); тесное сотрудничество с ЕС для процветания и безопасности; содействие демократии и всеобщему процветанию в Западном полушарии (в связи с серьезным влиянием на США); поддержке дезэскалации и интеграции на Ближнем Востоке, а также построению партнерских отношений с Африкой, и др. Таким образом, данная Стратегия направлена на повышение национальной устойчивости и обеспечении конкурентных преимуществ США посредством повышения промышленного потенциала, инвестирования в американский народ, укрепление демократии и расширение сотрудничества со всеми государствами.

Стратегическое планирование в Китайской Народной Республике. Китай является второй крупнейшей экономикой мира. За последние десятилетия Китай добился значительных экономических и социальных успехов: ликвидация крайней бедности в сельской местности; снижение уровня задержки роста и развития у детей младше 6 лет; лидерство в мировой торговле (в 2023 г. внешнеторговый оборот составил 5,9 трлн долл. США)³⁹ и др. Важно отметить, что Китай – инновационный и главный торговый регион в мире, способствующий укреплению экономик других стран в процессе двусторонней торговли. В то же время Китай проделал долгий путь к лидерству⁴⁰. Планирование в Китае в сфере экономического и общественного развития начало применяться с 1953 г. Это были пятилетние планы. Сегодня действует 14-я пятилетка (2021–2025 гг.), одной из задач которой являлся переход к возрождению сельских местностей и вышедших из ни-

щеты районов. Данный документ состоит из 65 глав, основная суть которых сводится к экономическому и социальному развитию. Приводятся основные экономические и социальные показатели за 2020 г. и прогнозируемые в 2025 г. Также внимание уделяется ускорению цифрового развития и построению цифрового Китая с учетом действия цифровой эпохи и не экономическим целям.

Важную роль в Китае играет Национальная комиссия по развитию и реформам Китайской Народной Республики, основные функции которой сводятся к следующим проектам: разработка и организация реализации стратегий, программ на средне- и долгосрочный периоды и годовых планов, разработка макроэкономических прогнозов и др.⁴¹ На сегодняшний день в Китае предусмотрена разработка важных документов: «Национальная стратегия и план развития», «Национальное специальное планирование», «Планирование местного развития».

Одним из основных документов Китайской Народной Республики в сфере стратегического планирования является «Стратегический план Китая на 2022–2025 гг.» (*China Country Strategic Plan (2022–2025)*)⁴². Данный Стратегический план финансируется правительством Китая и частным сектором. Отметим, что он был основан на положениях предыдущего «Стратегического плана Китая 2017–2022» (*China Country Strategic Plan, 2017–2022*) и соответствует повестке дня в области устойчивого развития до 2030 г. Кроме того, действующий стратегический план связан с Всемирной продовольственной программой (WFP), которая в рамках стратегии способствует улучшению результатов в области продовольствия. Одной из целей стратегического планирования является улучшение обеспечения продовольствием и средствами к существованию для уязвимых групп, оставшихся в сельских районах Китая, в соответствии с национальными приоритетами к 2025 году. В рамках второй цели устойчивого развития (ЦУР 2) «Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания, продвижение устойчивого сельского хозяйства»⁴³, Китай достиг прогресса в сфере

³⁹ Посольство России в Китае. Режим доступа: https://beijing.mid.ru/ru/countries/kitay/economica_knr/ (дата обращения: 18.09.2024).

⁴⁰ Все о Китае из первых рук. Государственный комитет по развитию и реформе. Режим доступа: <http://russian.china.org.cn/russian/99724.htm> (дата обращения: 14.09.2024).

⁴¹ Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания, а также продвижение устойчивого сельского хозяйства. Режим доступа: <https://sdgs.un.org/ru/goals/goal2> (дата обращения: 20.09.2024).

предоставления услуг и в ключевых показателях, включая задержку роста детей в возрасте до 5 лет, уровень материнской и детской смертности и ожидаемые годы обучения. В рамках Стратегии Китай занимается созданием и поддержанием устойчивого сельскохозяйственного сектора. Производство зерна с 2015 г. стабильно находится на уровне более 650 млн метрических тонн, что является исторически высоким уровнем⁴⁴. Это результат постоянных инвестиций в современные технологии, механизацию, ирригацию и повышение безопасности пищевых продуктов.

Также важным документом стратегического планирования КНР является «Общий план строительства цифрового Китая» (*Overall Layout Plan for the Construction of Digital China*), опубликованный Центральным комитетом Коммунистической партии Китая и Государственным советом⁴⁵. Данный план указывает на то, что создание цифрового Китая является важным двигателем для продвижения модернизации и мощной поддержки создания новых национальных конкурентных преимуществ. Ускорение строительства цифрового Китая имеет большое значение и далеко идущее влияние на всестороннее построение современной социалистической страны и всестороннее содействие большому омоложению китайской нации⁴⁶.

⁴⁴ Синьхуа новости. Режим доступа: <https://russian.news.cn/20241025/3c616afd859a4edcb866240cfaf4d67f/c.html> (дата обращения: 21.10.2024).

⁴⁵ The Central Committee of the Communist Party of China and the State Council issued the Overall Layout Plan for the Construction of Digital China. February 28, 2023. Available at: https://www.gov.cn/zhengce/2023-02/27/content_5743484.htm (accessed on 21.09.2024).

⁴⁶ Decision of the Central Committee of the Communist Party of China on Further Comprehensively Deepening Reform and Promoting Chinese-style Modernization. Adopted at the Third Plenary Session of the 18th Central Committee of the Communist Party of China on November 12, 2013. Available at: http://www.china.org.cn/china/third_plenary_session/2014-01/16/content_31212602.htm (accessed on 20.08.2024).

Особо важным является и то, что согласование стратегического планирования производится со всеми представителями общества до начала реализации программ.

Заключение

Анализ документов стратегического планирования ЕС, Германии, Франции, США и КНР показал, что их опыт можно применить в России в следующих направлениях:

- продвижение интересов и ценностей РФ в соседних странах (Беларусь, Казахстан, Китай и др.) будет способствовать развитию международного сотрудничества, культурной, экономической и политической интеграции, а также укреплению стабильности и национальной безопасности России (опыт стран ЕС);

- разработка стратегий и программ посредством государственных заказов в России позволит концентрировать ресурсы для достижения конкретных запланированных целей (опыт Франции);

- выбор (определение) приоритетных направлений развития национальной экономики на федеральном уровне, уровне субъектов, бизнеса и общества, обеспечит национальную безопасность и устойчивый экономический рост России, а также повысит качество жизни населения (опыт США);

- согласование стратегического планирования со всеми представителями общества до начала реализации программ позволит создать комплексный план действий, поскольку будут учтены мнения, цели и задачи каждого экономического агента (опыт КНР).

Результаты анализа документов могут быть использованы в качестве теоретической базы в отдельных разделах образовательных дисциплин, а также в научных исследованиях, проводимых по направлению стратегического планирования.

Список литературы / References

1. Белоусов В.М. Региональные экономические процессы: методологические проблемы исследования. М.: Вузовская книга; 2010. 104 с.
2. Минцберг Г., Куинн Дж., Гошал С. Стратегический процесс. Концепции, проблемы, решения. СПб.: Питер; 2011. 567 с.
3. Мишин Ю.В., Писарева О.М., Мишин А.Ю., Алексеев В.А. Нормативная база стратегического планирования: основы, нерешенные проблемы и направления развития. М.: Наука; 2019. 406 с.
4. Самодурова С.А. Формирование и оценка системы стратегического управления сбалансирован-
ным развитием региона. Автореф. дис. ... канд. экон. наук. Курск; 2017. 24 с.
5. Штульберг Б.М., Введенский В.Г. Региональная политика России: теоретические основы, задачи и методы реализации. М.: Гелиос; 2000. 208 с.
6. Квинт В.Л. Стратегия выхода из кризиса в экономике, политике и личной жизни. *Телевидение, радио, молодежная территория*. 2010;(2):35–35. Kvint V.L. Strategy for exiting the crisis in economics, politics and personal life. *Televidenie, radio, molodezhnaya territoriya*. 2010;(2):35–35. (In Russ.)

7. Квинт В.Л. Культурные и религиозные факторы разработки и реализации стратегии. *Экономика и управление*. 2011;(11(73)):27–29.
Kvint V.L. Cultural and religious factors of strategy development and implementation. *Economics and Management*. 2011;(11(73)):27–29. (In Russ.)
8. Квинт В.Л. Окрепилов В.В. Качество жизни и ценности в национальных стратегиях развития. *Вестник Российской Академии наук*. 2014;84(5):412–424. <https://doi.org/10.7868/S0869587314050107>
Kvint V.L., Okrepilov V.V. Quality of life and values in national development strategies. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2014;84(5):412–424. <https://doi.org/10.7868/S0869587314050107>
9. Квинт В.Л. Поиск и исследование философских корней теории стратегии. Взаимосвязь философского и стратегического мышления. *Управленческое консультирование*. 2016;(1):15–21.
Kvint V.L. Search and investigation of philosophical base of the theory of strategy. Interrelation of philosophical and strategic thinking. *Administrative Consulting*. 2016;(1):15–21. (In Russ.)
10. Квинт В.Л. Теоретические основы и методология стратегирования Кузбасса как важнейшего индустриального региона России. *Экономика промышленности*. 2020;13(3):290–299. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2020-3-290-299>
Kvint V.L. Theoretical basis and methodology of strategizing of the private and public sectors of the Kuzbass region as a medial subsystem of the national economy. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2020;13(3):290–299. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2020-3-290-299>
11. Федотова Г.В. Государственный контроль в системе стратегического планирования развития региона. *Региональная экономика: теория и практика*. 2013;8(287):17–22.
Fedotova G.V. State control in the system of strategic planning for regional development. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika*. 2013;8(287):17–22.
12. Мирошников С.Н. Проблемы и направления стратегического планирования в региональном развитии. *ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика*. 2019;(4):61–77. <https://doi.org/10.24411/2071-6435-2019-10102>
Miroshnikov S.N. Problems and directions of financial planning in the future. *STAGE: economic theory, analysis, practice*. 2019;(4):61–77. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2071-6435-2019-10102>
13. Антипин И.А., Власова Н.Ю., Иванова О.Ю. Стратегическое планирование регионов Российской Федерации: вопросы пространственного развития. *Управленец*. 2023;14(6):50–62. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2023-14-6-4>
Antipin I.A., Vlasova N.Yu., Ivanova O.Yu. Strategic planning of regions of the Russian Federation: issues of spatial development. *Manager*. 2023;14(6):50–62. (In Russ.). <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2023-14-6-4>
14. Светник Т.В., Федюкович Е.В. Методология стратегического управления экономикой региона. *Baikal Research Journal*. 2010;(4):96–102.
Svetnik T.V., Fedyukovich E.V. Methodology of strategic management of the region's economy. *Baikal Research Journal*. 2010;(4):96–102.

Информация об авторах

Анжела Александровна Швецова – канд. экон. наук, доцент кафедры мировой экономики, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85, Российская Федерация; e-mail: mikhajlovaangela@yandex.ru

Инна Владимировна Манаева – д-р экон. наук, профессор кафедры мировой экономики, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85, Российская Федерация; e-mail: manaeva_i@bsu.edu.ru

Information about the authors

Angela A. Shvetsova – Ph.D (Econ.), Associate Professor, Belgorod National Research University, 85 Pobedy Str., Belgorod 308015, Russian Federation; e-mail: mikhajlovaangela@yandex.ru

Inna V. Manaeva – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Belgorod National Research University, 85 Pobedy Str., Belgorod 308015, Russian Federation; e-mail: manaeva_i@bsu.edu.ru

Поступила в редакцию 15.10.2024; поступила после доработки 11.12.2024; принята к публикации 12.12.2024
Received 15.10.2024; Revised 11.12.2024; Accepted 12.12.2024

Значение промышленной стратегии в развитии современной национальной экономики

И.К. Низамутдинов  

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
420008, Казань, Кремлевская ул., д. 18, Российская Федерация

 irek.nizamutdinov@gmail.com

Аннотация. В современной экономике вопросы инновационного и промышленного развития напрямую определяют особенности формирования национальной экономической системы. В статье проанализированы факторы, определяющие эффективность влияния инновационного процесса на устойчивое развитие национальной экономики. Цель исследования – выявить значимость инновационных процессов для развития национальной экономической системы и определить факторы, способствующие их совершенствованию. В рамках поставленной цели необходимо провести анализ существующих особенностей развития национальной экономики России, оценить в рамках мирового опыта влияние инновационного процесса и инновационного сегмента экономики на развитие национальной экономической системы в целом, дать количественную оценку роли инновационных технологий в формировании положительных темпов экономического роста. Для определения значимости инновационного процесса, формируемого в рамках роста человеческого капитала и человеческого развития во влиянии на совершенствование экономической системы, использованы методы сравнения, количественного анализа и обобщения элементов инновационной составляющей промышленного развития в национальной экономике. На основе проведенного исследования выявлена определяющая роль инновационного процесса в развитии современной экономики, сделана оценка влияния человеческого капитала на процесс создания новых технологий, проведено сравнение роли инновационного процесса в российской экономике и экономике США. Результаты исследования могут применяться при реализации корректирующих действий государства по стимулированию экономического и промышленного роста, в планировании и реализации программ стратегического инновационного развития отраслей промышленности в России, а также использоваться для проведения дальнейших исследований в сфере оценки роли инновационного процесса в национальной экономической системе.

Ключевые слова: экономическое развитие, промышленная политика, промышленное развитие, инновационный процесс, инновации, эффективность инноваций, инвестиции, импортозамещение

Для цитирования: Низамутдинов И.К. Значение промышленной политики в развитии современной национальной экономики. *Экономика промышленности*. 2024;17(4):437–455. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1362>

The significance of an industrial strategy in development of the modern national economics

I.K. Nizamutdinov  

Kazan (Volga region) Federal University,
18 Kremlevskaya Str., Kazan 420008, Russian Federation

 irek.nizamutdinov@gmail.com

Abstract. In the modern economics the issues of innovation and industry development directly determine the features of formation or the national economic system. The article presents the analysis of the factors determining the effectiveness of the impact of innovation process on the sustainable development of the national economics. The purpose of the study is to reveal

the significance of innovation processes for development of the national economic system and identify the factors facilitating their improvement. Within the framework of the goal stated it is essential to analyze the existing peculiarities of development of Russia's economics, basing on the world experience to evaluate the impact of the innovation process and the innovation segment of the economics on the development of the entire economic system, to make quantitative assessment of the role of innovation technologies in the formation of positive economic growth rates. To assess the significance of innovation process formed within the growth of human capital and human development in influencing the improvement of the economic system, the author applies the following methods: comparison, quantitative analysis and generalization of the elements of the innovation component of industrial development in the national economics. The research carried out allowed discovering the determining role of innovation process in the development of the modern economics, evaluation the impact of the human capital on the process of creating new technologies, comparison of the role of the innovation process in the Russian economics and that of the USA. The results of the study are applicable in implementing the corrective actions of the government on stimulating economic and industrial growth, in planning and implementing the programs for strategic innovative development of industrial sectors in Russia as well as in carrying out further research in assessment of the role of innovation process in the national economic system.

Keywords: economic development, industrial policy, industrial development, innovation process, innovation, effectiveness of innovation, investments, import substitution

For citation: Nizamutdinov I.K. The significance of an industrial strategy in development of the modern national economics. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2024;17(4):437–455. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1362>

产业战略在现代国民经济发展中的重要性

I.K. 尼扎穆特季诺夫  

喀山（伏尔加地区）联邦大学、420008, 俄罗斯联邦喀山市克里姆林宫大街18号

 irek.nizamutdinov@gmail.com

摘要: 在现代经济中, 创新和工业发展问题直接决定着国家经济体系形成的特点。文章分析了决定创新过程对国民经济可持续发展影响有效性的因素。研究的目的是确定创新过程对国民经济体系发展的重要性, 并确定有助于其改进的因素。在此目标框架内, 有必要分析俄罗斯国民经济发展的现有特点, 在世界经验框架内评估创新过程和经济创新领域对整个国民经济体系发展的影响, 对创新技术在形成经济正增长率方面的作用进行量化评估。为了确定在人力资本增长和人类发展框架内形成的创新过程对改善经济体系的重要影响, 采用了比较、定量分析和概括国民经济中工业发展创新组成部分要素的方法。研究揭示了创新过程在现代经济发展中的决定性作用, 评估了人力资本对创造新技术过程的影响, 比较了创新过程在俄罗斯经济和美国经济中的作用。研究结果可应用于国家为刺激经济和工业增长而采取的纠正措施、以及俄罗斯工业战略创新发展计划的规划和实施, 也可用于评估创新过程在国家经济体系中的作用这一领域的进一步研究。

关键词: 经济发展、产业政策、产业发展、创新过程、创新、创新效率、投资、进口替代

Введение

Инновационное промышленное развитие в современной российской экономике требует выявления условий и факторов, влияющих на эффективность действий государства в сфере реализации промышленной политики. Формирование и совершенствование инновационного процесса в национальной экономической системе оказывает непосредственное воздействие на устойчивое развитие экономической системы в целом, обеспечивая возможности достижения

положительных темпов экономического роста за счет реализации инновационного и инвестиционного потенциала, а также процесса совершенствования человеческого капитала. Анализ и решение проблемы достижения эффективного инновационного промышленного развития в изменившихся геополитических условиях и условиях санкционного давления на ряд игроков мирового рынка позволит определить факторы и возможности для опережающего развития экономики.

Выявление особенностей сложившихся условий реализации процесса эффективного инновационного развития в российской экономике требует анализа научных и статистических данных, рассмотрения взглядов экономистов отечественной и зарубежной научной школы в аспектах опережающего инновационного и промышленного развития, изучения особенностей реализации инновационного процесса и процесса импортозамещения, оценки роли инновационного сегмента экономики в экономическом росте в сравнении с мировым опытом инновационного процесса.

Процессный и ресурсный подходы в рамках обеспечения инновационного и промышленного развития в национальной экономике требуют количественных оценок влияния инновационной составляющей промышленной политики на экономическое развитие в целом.

Обзор литературы и теоретические подходы к оценке роли инновационного процесса в современной экономике

Инновационный и инвестиционный процессы, а также процесс развития импортозамещения и совершенствования человеческого капитала, являются базовыми условиями формирования возможностей для интенсивного развития экономики в современном мире в последние десятилетия. Данные процессы требуют соответствующего регулирования со стороны государства и оценки их роли и значимости в современной экономике.

Развитие импортозамещения в рамках реализации промышленного развития и инновационного процесса является основой для экономического развития во многих национальных экономических системах. Роль импортозамещения привлекала внимание многих исследователей и ученых-экономистов. Многочисленные подходы в рамках теоретического осмысления роли и значения политики промышленного развития и политики импортозамещения были сформированы в рамках исследований А.И. Сорокиной [1; 2]. Элементы развития модели импортозамещения в российской экономике уже реализуются в рамках Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 г. и на период до 2035 г.¹, а также в кон-

кретных стратегиях развития отдельных отраслей промышленности в российской экономике. Одновременно с развитием импортозамещения большое внимание в российской экономической науке уделяется исследованиям, направленным на стимулирование экспорта [3]. Инновационные механизмы стимулирования промышленного развития проанализированы в работах Н.М. Абдикеева [4], М.М. Балашова [5], А. Miller [6]. Возможности реализации и инструментарий промышленной политики рассмотрены в работах Н.Ш. Ватолкиной [7], Е.П. Грабчак [8] (в рамках анализа модели импортозамещения в национальной экономике), М.А. Бендикова [9] (в рамках инновационной модели реализации промышленной политики).

Схожесть их теоретических построений затрагивала необходимость роста объемов экспорта как основополагающего элемента развития экономики. По мнению R.W.K. Hinton, процессы развития импортозамещающего производства являются важным элементом в обеспечении условий экономического развития [10].

Роль импортозамещения в развитии национальной экономики и росте потенциальных возможностей экономической системы рассмотрена в работах А. Льюиса [11], аналогичные выводы содержатся в научных исследованиях Р. Пребиша [12]. При разделении всей мировой экономической системы на страны капиталистического ядра и страны с периферийной экономикой можно утверждать, что развитие импортозамещения способствует уменьшению зависимости стран с периферийной экономикой от развитых [12; 13].

Ряд ученых при анализе импорта и процессов его замещения обращают внимание на элементы сравнительного анализа в различных сегментах национальной экономики, на потенциальные возможности и процессы трансформации импорта [14–16]. Определенные подходы в рамках изменения методологии анализа трансформации промышленной политики в современной экономике и реализации импортозамещения на уровне региона были взаимосвязаны с решением структурных проблем [17]. Некоторые потенциальные направления развития процессов замещения импорта рассмотрены в работе Л.Р. Исмагилова [18] и А.Н. Макарова [19].

При изучении процессов промышленного развития на уровне государства интересны теоретические построения современных экономистов: Е.Н. Назарчук [20], Г.А. Федосеева [21]. При исследовании инновационного процесса в российской и мировой экономике также необходимо указать, что сами процессы замещения импорта

¹ Распоряжение Правительства РФ от 06.06.2020 № 1512-р (ред. от 07.11.2023) «Об утверждении Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 г. и на период до 2035 г.». Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74142592/>

достаточно часто рассматриваются в рамках общего инновационного процесса национальной промышленной политики.

Среди исследований, определяющих важность развития и совершенствования человеческого капитала в развитии национальной экономики, можно выделить зарубежных экономистов Э. Денисон [22] и Дж. Кендрик [23], а также российских ученых А.И. Добрынина, С.А. Дятлова, Е.Д. Цыренову [24], Ю.А. Корчагина [25], Р.И. Капелюшников [26] и В.И. Марцинкевича [27].

Среди исследований в области ресурсной концепции промышленного инновационного развития стоит выделить таких экономистов, как Б.А. Вернерфельт (B.A. Wernerfelt) [28; 29], Р.П. Рамелт (R.P. Rumelt) [30; 31], Д. Тис (D.J. Teece) [32; 33], К. Прахалад (C. Prahalad) [34–36] и др.

В отечественной экономической науке данную теорию развивали В.С. Каткало [37], А.В. Бухвалов [38; 39]. Именно аспекты развития человеческого капитала в целом являлись основой для формирования и интенсификации инновационного процесса, обеспечивая условия формирования эффективного промышленного развития и экономического развития в целом.

Проведенный анализ показал, что оценка условий и предпосылок для формирования возможностей инновационного промышленного развития в экономической системе должна начинаться с анализа общей текущей ситуации в национальной экономике.

При рассмотрении показателей реализации эффективной промышленной политики, по мнению автора, надо опираться на два базовых момента. Во-первых, необходимо остановиться первоначально на общих параметрах функционирования и динамики развития российской экономики в настоящий момент времени. Во-вторых, на основе предположения о наибольшей значимости инновационной составляющей и инновационного сегмента развития национальной экономической системы в обеспечении эффективного промышленного развития надо изучить опыт одной из стран, реализующих эффективную промышленную политику в рамках анализа мирового опыта.

Все периоды значительных изменений внешних и внутренних параметров в развитии российской экономики (включая ключевую процентную ставку, уровень инфляции, введение новых санкций и т.д.) оказывали на протяжении последнего периода времени значительное влияние на уровень производства и объем внутреннего валового продукта (ВВП). Более того, именно внешние факторы (в том числе, санкци-

онные факторы и риски) в первую очередь влияли на российскую экономику при изначальной стабильности внутренней макроэкономической ситуации. Основанием дополнительного использования собственных внутренних ресурсов предприятий для повышения эффективности промышленного развития также в основном являлись факторы изменения общих геополитических реалий.

Особенности развития российской промышленности во многом определяются ограниченным доступом российских предприятий к внешним инвестиционным и финансовым ресурсам. Изолированность российской экономики не реализована в полной мере в результате роста сотрудничества с дружественными и нейтральными странами. Тем не менее изменения ключевой ставки в последний период времени оказали значительное влияние на потенциальные возможности экономического развития.

Все вышеперечисленное привело к необходимости анализа существующих внешних экономических связей и рассмотрения общих тенденций в динамике импорта и экспорта в российской экономической системе. Помимо влияния подобного анализа на оценку перспективного использования и наращивания процессов развития импортозамещения в России в настоящий момент времени и соответствующей активизации общего инновационного процесса, динамика изменений импорта в российской экономике по федеральным округам также позволяет во многом определять направления и возможности территориального и географического размещения новых создаваемых промышленных предприятий (в зависимости от масштабов потребляемого импорта в том или ином регионе).

Динамика российского импорта в целом по стране и федеральным округам за 2018–2022 гг. представлена в **табл. 1**.

Импорт продукции в Российскую Федерацию осуществляется из стран СНГ и дальнего зарубежья. Динамика импорта из стран дальнего зарубежья представлена на **рис. 1**.

Динамика импорта в российскую экономику из стран СНГ отражена на **рис. 2**.

При сопоставлении данных объема российского импорта из стран СНГ и стран дальнего зарубежья (**рис. 3**) очевидно, что именно страны дальнего зарубежья остаются главным внешнеэкономическим партнером для российской экономики. При достаточной стабильности импорта из стран СНГ в 2022 г. также наблюдался значительный рост импорта из стран дальнего зарубежья.

Таблица 1 / Table 1

Объемы российского импорта за 2018–2022 гг., млн долл. США

Dynamics of Russian imports in 2018–2022 (US\$ million)

	2018			2019			2020			2021			2022		
	Дальнее зарубежье	Другие страны СНГ	В % к итогу	Дальнее зарубежье	Другие страны СНГ	В % к итогу	Дальнее зарубежье	Другие страны СНГ	В % к итогу	Дальнее зарубежье	Другие страны СНГ	В % к итогу	Дальнее зарубежье	Другие страны СНГ	В % к итогу
Федеральные округа РФ															
Всего	202 608,2	24 856,1	100,0	211 948,3	26 203,1	100,0	216 821,8	26 958,8	100,0	206 564,2	24 033,8	100,0	262 076,7	31 343,4	100,0
Центральный федеральный округ (ЦФО)	125 577,3	14 883,6	61,8	134 094,9	15 817,7	62,9	138 108,2	16 092,7	63,3	132 003,2	14 422,5	63,5	166 858,5	18 702,9	63,2
Северо-Западный федеральный округ (СЗФО)	34 001,3	1 981,7	15,8	35 559,1	1 977,8	15,8	35 369,1	2 345,7	15,5	32 300,8	2 132,6	14,9	40 102,3	2 748,9	14,6
Южный федеральный округ (ЮФО)	6 700,3	1 799,4	3,7	7 341,5	2 086,4	4,0	6 383,9	1 807,1	3,4	6 434,1	1 655,1	3,5	7 805,1	1 802,4	3,3
Приволжский федеральный округ (ПФО)	11 615,0	1 956,3	6,0	13 062,0	1 745,4	6,2	12 508,2	1 731,9	5,8	12 365,4	1 439,8	6,0	15 394,6	1 859,0	5,9
Сибирский федеральный округ (СФО)	5 801,5	1 753,8	3,3	7 665,7	1 954,9	4,0	7 717,3	1 935,8	4,0	7 542,4	1 654,5	4,0	8 866,9	2 385,9	3,8
Дальневосточный федеральный округ (ДФО)	297,3	2,2	0,1	6190,6	94,8	2,6	8 013,7	369,1	3,4	7 573,3	451,0	3,5	10 125,3	455,3	3,6

Источник: составлено автором по данным Федеральной таможенной службы Российской Федерации. Режим доступа: <https://customs.gov.ru/folder/527>Source: compiled by the author based on data from the Federal Customs Service of the Russian Federation. Available at: <https://customs.gov.ru/folder/527>

Существующая ограниченность связей со странами СНГ может быть объяснена двумя следующими причинами:

– экономики данных стран, так же как и российской, проходили и проходят через аналогичные стадии развития переходной экономики и не являются значимыми партнерами в рамках реа-

лизации и развития инновационного и инвестиционного процессов;

– российский бизнес до недавнего времени имел целью налаживание внешнеэкономического сотрудничества именно со странами дальнего зарубежья, часто делая это приоритетом в своем инновационном и инвестиционном развитии.

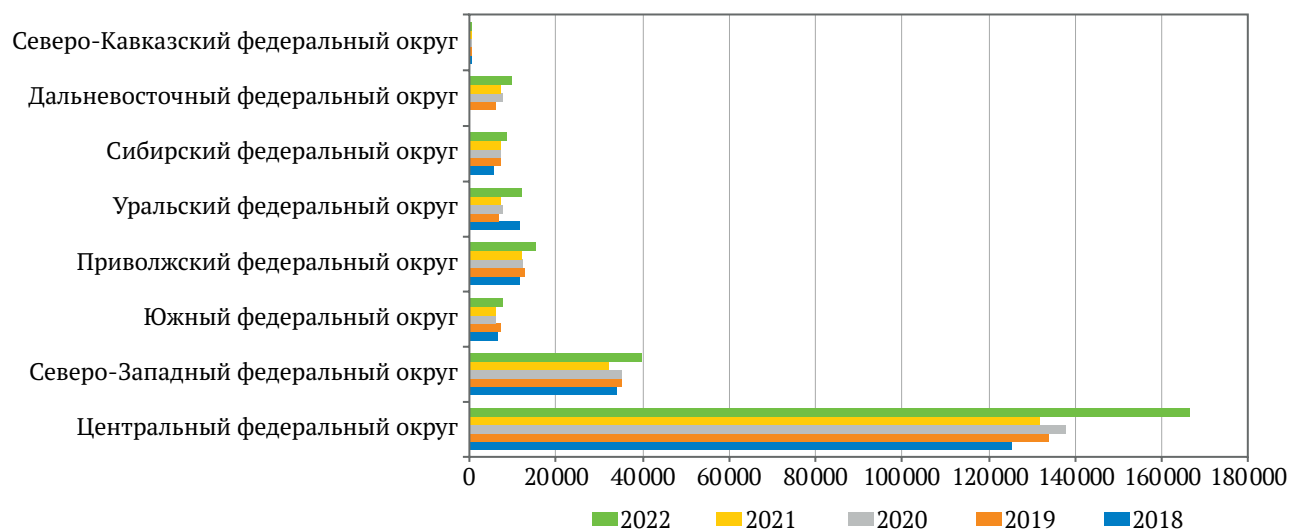


Рис. 1. Динамика импорта из стран дальнего зарубежья в РФ за 2018–2022 гг., млн долл. США

Источник: составлено автором по данным Федеральной таможенной службы Российской Федерации.

Режим доступа: <https://customs.gov.ru/folder/527>

Fig. 1. Dynamics of imports from non-CIS countries to the Russian Federation for 2018–2022 (US\$ million)

Source: compiled by the author based on data from the Federal Customs Service of the Russian Federation.

Available at: <https://customs.gov.ru/folder/527>

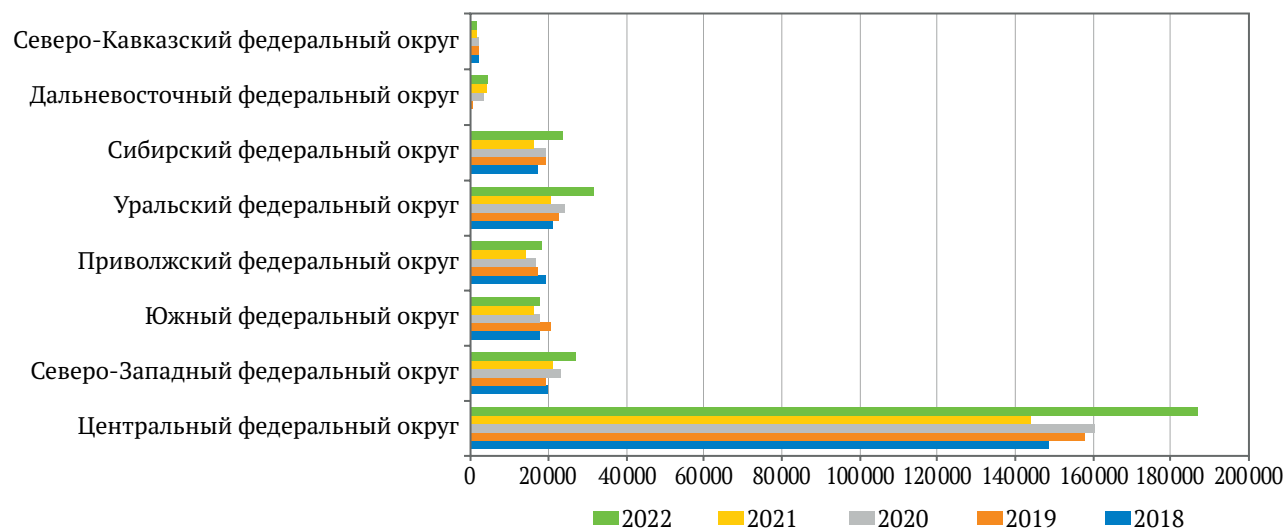


Рис. 2. Динамика импорта из стран СНГ в РФ за 2018–2022 г., млн долл. США

Источник: составлено автором по данным Федеральной таможенной службы Российской Федерации.

Режим доступа: <https://customs.gov.ru/folder/527>

Fig. 2. Dynamics of imports from the CIS countries to the Russian Federation for 2018–2022 (US\$ million)

Source: compiled by the author based on data from the Federal Customs Service of the Russian Federation.

Available at: <https://customs.gov.ru/folder/527>

Помимо направленности и масштабов импортных поставок, важное значение в рамках анализа промышленного развития имеет рассмотрение объемов российского экспорта. Данные по экспорту в разрезе федеральных округов представлены в **табл. 2**.

В структуре экспорта по географическому и территориальному размещению, так же как и в поставках импорта, в российской экономике традиционно доминируют ЦФО и СЗФО. Фактически традиционной и остающейся без изменений можно считать тенденцию к размещению основного производства (в том числе, офисов крупнейших компаний) в этих округах. Более высококвалифицированная рабочая сила, значимые

научно-исследовательские и образовательные центры размещены именно в данных регионах (**рис. 4**), что позволяет, с одной стороны, создавать центры инновационного промышленного развития, но, с другой стороны, характеризует неравномерность в развитии российской экономики, создавая потенциальные угрозы в обеспечении ее устойчивого развития в будущем.

Данные анализа основных макроэкономических показателей функционирования национальной экономики, по мнению автора, являются первым этапом в оценке текущей ситуации в сфере экономического и промышленного развития. Анализ объема импорта и экспорта в соответствии с алгоритмом оценки промышленного раз-

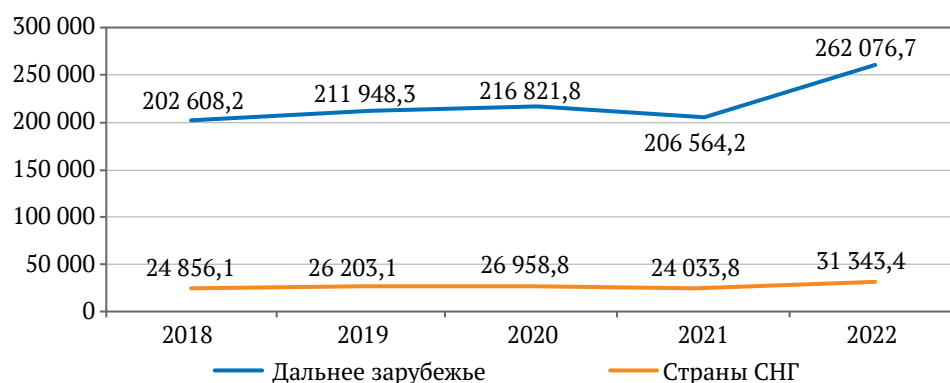


Рис. 3. Динамика объема импорта РФ в целом за 2018–2022 гг., млн долл. США

Источник: составлено автором по данным Федеральной таможенной службы Российской Федерации.

Режим доступа: <https://customs.gov.ru/folder/527>

Fig. 3. Dynamics of Russian imports as a whole for 2018–2022 (US\$ million)

Source: compiled by the author based on data from the Federal Customs Service of the Russian Federation.

Available at: <https://customs.gov.ru/folder/527>

Таблица 2 / Table 2

Объемы экспорта из России по федеральным округам за 2017–2021 гг., млн долл. США

Exports from Russia by Federal Districts for 2017–2021 (US\$ million)

Федеральные округа РФ	2017	2018	2019	2020	2021
Всего	379,207	451,495	426,72	337,104	492,314
ЦФО	174,9	225,7	211,7	169,9	250,446
СЗФО	41,4	50,9	50,8	42,2	61,39
ЮФО	16,2	20,5	17,8	17	23,52
СКФО	1,17	1,3	1,4	1,3	1,7
ПФО	37,1	43,6	39,6	31,1	44,2
УрФО	31,9	41	38	27,4	40,9
СФО	32,9	38,7	36,3	30,5	40,3
ДВФО	22,2	28,2	28,8	24	44,26

Источник: составлено автором по данным Федеральной таможенной службы Российской Федерации. Режим доступа: <https://customs.gov.ru/folder/527>

Source: compiled by the author based on data from the Federal Customs Service of the Russian Federation. Available at: <https://customs.gov.ru/folder/527>

вития территории должен дополняться анализом соответствующих товарных групп (по направлениям импорта и экспорта с определением точек локализации), что требует проведения дальнейших исследований. Данный алгоритм должен включать в себя:

- 1) оценку общей экономической ситуации;
- 2) анализ влияния внешнеэкономической конъюнктуры на промышленное развитие в национальной экономике;
- 3) определение и анализ товарных групп в рамках анализа торгового сальдо и выявления товарных групп с отрицательным сальдо торгового баланса (с выявлением его причин либо на протяжении долгосрочного периода времени, либо нескольких последних лет);
- 4) определение точек локализации для развития импортозамещения в рамках отдельных территорий или всей национальной экономической системы;
- 5) определение и анализ существующих и возможных предприятий – производителей промышленной импортозамещающей продукции для интенсификации их развития.

Следующим элементом оценки значимости показателей эффективности государственной промышленной политики является анализ инновационной и инвестиционной активности. В настоящем анализе необходимо оценить значимость инновационного сектора по влиянию на развитие национальной экономики в целом (на примере США, табл. 3). Инновационный сектор в экономике США не только создает возможности опережающего конкурентного развития экономической системы, но и в целом положительно влияет на уровень роста ВВП страны, что характеризует важность инновационного элемента в реализации промышленной политики в национальной экономике. Это может быть использовано для оценки роли инновационного сегмента в российской экономике в долгосрочном периоде времени. Модель реализации инновационной политики США доказала свою эффективность и может быть использована для выделения базовых показателей, влияющих на эффективность промышленного развития страны. Результаты проведенного корреляционного анализа по данным экономики США отражены в табл. 4.

Анализ экономического и инновационного развития американской экономики возможно провести на основании достаточно полной и обширной статистики, позволяющей оценить роль инновационной экономики в экономическом развитии страны. Полные статистические данные по сегменту инновационной экономики

в разрезе всей американской экономики в целом и отдельно по штатам США (табл. 5) позволяют определить значимость и роль инновационного сегмента в развитии национальной экономики.

Корреляционная зависимость данных по экономике США за 2013–2023 гг. представлена в табл. 6.

В табл. 7 отражены данные вклада ИТ-сектора в изменение ВВП США за 1998–2021 гг.

Результаты проведенного анализа американской экономики характеризует следующая зависимость:

$$Y = -0,76 + 5,27X,$$

где Y – темпы прироста ВВП, %; X – вклад сектора ИТ в процентное изменение ВВП.

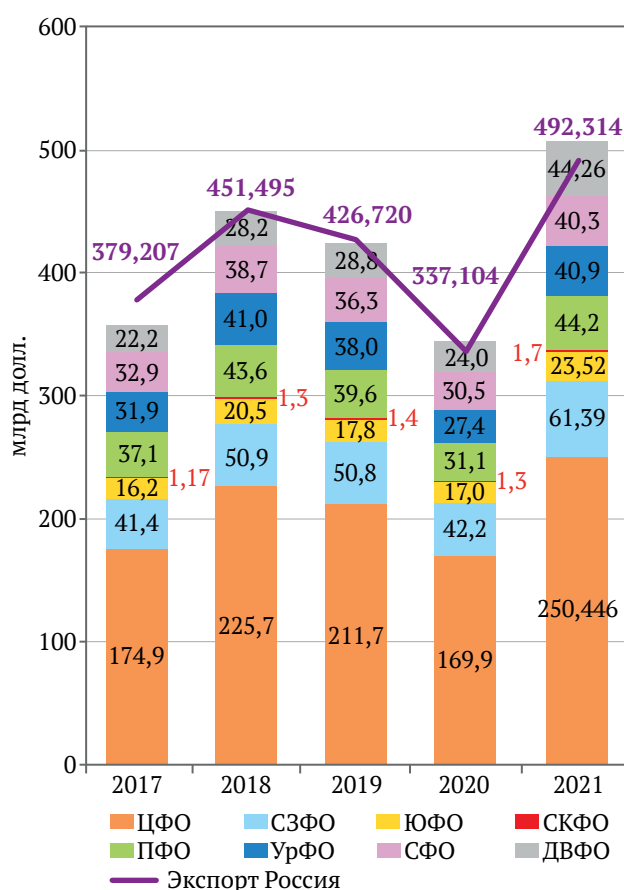


Рис. 4. Динамика объема экспорта из России по федеральным округам за 2017–2021 гг.

Источник: составлено автором по данным Федеральной таможенной службы Российской Федерации.
Режим доступа: <https://customs.gov.ru/folder/527>

Fig. 4. Dynamics of exports from Russia by federal districts for 2017–2021

Source: compiled by the author based on data from the Federal Customs Service of the Russian Federation.
Available at: <https://customs.gov.ru/folder/527>

Таблица 3 / Table 3

Показатели развития экономики США в сфере информационных технологий за 2013–2023 гг.

US information technology economic development indicators 2013–2023

Год	ВВП, млрд долл. США	ВВП на душу населения, долл. США	Экспорт ИТ-товаров (компьютеры, компьютерные аксессуары, периферийные устройства и запчасти), млн долл. США	Экспорт ИТ-услуг (телекоммуникационные услуги, компьютерные услуги, информационные услуги), млн долл. США	Количество занятых в компьютерных и математических профессиях, млн чел.	Расходы бюджета на ИТ-сектор, млн долл. США	Венчурные инвестиции в программное обеспечение, млн долл. США	Венчурные инвестиции в ИТ-оборудование, млн долл. США	Расходы на НИОКР, млн долл. США
	у	у ₂	х ₁	х ₂	х ₃	х ₄	х ₅	х ₆	х ₇
2013	16 843 225,00	53 245,52	132 765,00	36 325,00	3,70	36 981,00	16 666,53	2 742,66	454 200
2014	17 550 675,00	55 083,51	135 275,00	38 629,00	3,83	38 734,00	29 682,08	2 704,75	475 900
2015	18 206 025,00	56 729,68	133 526,00	41 427,00	4,01	41 513,00	30 494,05	2 868,31	494 500
2016	18 695 100,00	57 839,99	132 406,00	43 122,00	4,17	43 297,00	34 234,66	3 375,25	521 700
2017	19 477 350,00	59 878,72	134 363,00	47 657,00	4,26	44 924,00	28 596,17	4 292,59	553 600
2018	20 533 075,00	62 787,78	137 584,00	49 245,00	4,38	48 747,00	44 089,00	4 996,68	604 000
2019	21 380 950,00	65 077,30	137 371,00	55 742,00	4,55	51 887,00	47 348,77	5 476,82	665 600
2020	21 060 450,00	63 577,34	131 948,00	56 071,00	4,59	55 985,00	57 229,23	7 109,95	716 900
2021	23 315 075,00	70 159,77	147 871,00	58 603,00	4,65	60 067,00	134 540,91	10 377,71	789 100
2022	25 462 725,00	76 343,25	153 362,00	66 227,00	5,00	65 075,00	89 930,44	8 938,48	885 600
2023	26 949 643,00	80 412,41	145 492,00	72 157,00	5,18	65 833,00	66 641,28	6 343,40	

Источник: составлено автором по данным ВВП по отраслям. Бюро экономического анализа США (BEA). Режим доступа: <https://www.bea.gov/data/gdp>

Source: compiled by the author based on GDP data by industry. US Bureau of Economic Analysis (BEA). Available at: <https://www.bea.gov/data/gdp>

Таблица 4 / Table 4

Корреляционный анализ

Correlation analysis

Показатель	х ₁	х ₂	х ₃	х ₄	х ₅	х ₆	х ₇
ВВП, млрд долл. США	0,843	0,988	0,980	0,978	0,732	0,795	0,981
ВВП на душу, долл. США	0,852	0,984	0,974	0,972	0,725	0,783	0,983

Таблица 5 / Table 5

Данные по экономике США (сектор информационных технологий) по штатам за 2023 г.

Economic data (information technology sector) by state 2023

Штат	Валовая добавленная стоимость ИТ-сектора, млрд долл. США	Рабочие места в ИТ-секторе, чел.	Число технологических бизнес-учреждений	Медианная заработная плата в ИТ-секторе, долл. США	Количество технопарков
Алабама	10,60	56 258	8 152	89 544	9
Аляска	1,60	5 615	1 000	92 678	0
Аризона	34,10	131 852	14 818	96 583	11
Арканзас	4,40	23 355	5 744	75 815	2
Калифорния	542,50	1 136 780	57 504	134 696	54
Колорадо	53,50	192 313	22 727	112 069	13
Коннектикут	21,30	62 693	9 541	103 999	8
Делавэр	3,70	11 656	3 883	111 143	3

Окончание табл. 5 / End of Table 5

Штат	Валовая добавлен- ная стоимость ИТ-сектора, млрд долл. США	Рабочие места в ИТ-секторе, чел.	Число технологиче- ских бизнес- учреждений	Медианная зарплата в ИТ-секторе, долл. США	Количество технопарков
Флорида	85,50	348 459	43 766	89 640	35
Джорджия	59,50	207 788	17 380	102 898	4
Гавайи	3,10	11 339	2 341	89 295	0
Айдахо	6,70	29 300	5 784	77 549	1
Иллинойс	56,40	208 645	24 908	99 141	9
Индиана	15,60	74 482	10 382	77 912	10
Айова	9,60	38 653	5 541	85 672	1
Канзас	10,60	42 239	6 632	83 331	2
Кентукки	8,00	41 369	8 585	75 394	4
Луизиана	6,00	33 398	6 311	73 779	2
Мэн	3,50	15 665	3 349	78 776	1
Мэриленд	37,80	143 949	15 683	116 220	5
Массачусетс	79,90	231 644	20 053	117 349	10
Мичиган	27,80	126 541	19 104	90 310	10
Миннесота	31,30	122 915	14 273	100 557	4
Миссисипи	3,60	18 474	3 920	70 832	4
Миссури	23,50	106 350	13 092	86 955	4
Монтана	2,40	12 068	3 574	77 157	1
Небраска	7,50	32 888	4 329	85 665	2
Невада	9,20	32 670	5 515	78 729	8
Нью-Гэмпшир	12,40	45 031	6 617	103 237	1
Нью-Джерси	55,80	184 898	17 033	118 147	11
Нью-Мексико	4,70	20 323	3 458	87 481	2
Нью-Йорк	166,50	375 070	27 882	113 241	25
Северная Каролина	48,00	194 239	24 797	105 366	5
Северная Дакота	1,90	8 607	1 504	75 321	0
Огайо	33,70	160 077	21 098	90 165	16
Оклахома	6,70	33 708	5 910	79 179	4
Орегон	29,80	101 470	9 826	104 198	3
Пенсильвания	50,60	189 703	20 138	91 123	7
Род-Айленд	3,90	17 732	4 106	101 639	0
Южная Каролина	13,20	61 003	11 972	84 187	6
Южная Дакота	2,20	10 003	2 220	73 324	0
Теннесси	20,30	81 393	15 541	81 558	4
Техас	160,00	647 317	48 449	96 031	40
Юта	22,50	90 646	10 484	91 823	10
Вермонт	2,70	12 369	2 969	82 386	1
Виргиния	63,10	261 039	27 456	116 182	7
Вашингтон	142,40	267 422	20 921	129 618	12
Западная Виргиния	2,30	12 569	2824	72 921	3
Висконсин	21,80	89 481	9738	86 591	5
Вайоминг	1,10	4251	1532	74 893	0

Источник: составлено автором по данным экономики США. Бюро экономического анализа США (BEA). Режим доступа: <https://www.bea.gov/data/gdp>

Source: compiled by the author based on US economic data, GDP by industry. US Bureau of Economic Analysis (BEA). Available at: <https://www.bea.gov/data/gdp>

Таблица 6 / Table 6

**Корреляционная зависимость
валовой добавленной стоимости
ИТ-сектора от показателей развития сектора
информационных технологий США**

Correlation dependence of the gross added value
of the IT sector on the indicators of the development
of the US information technology sector

Показатели развития сектора информационных технологий США	Валовая добавленная стоимость ИТ-сектора, млрд долл. США
Рабочие места в ИТ-секторе, чел.	0,960
Число технологических бизнес-учреждений, ед.	0,804
Количество технопарков, ед.	0,853

Таблица 7 / Table 7

**Вклад в процентное изменение реального ВВП
по отраслям**

Contribution to percentage change in real GDP by industry

Год	Темпы прироста реального ВВП, %	Вклад ИТ-сектора в изменение ВВП, %
	у	х
1998	4,5	1,12
1999	4,8	0,94
2000	4,1	1,05
2001	1,0	0,25
2002	1,7	0,33
2003	2,8	0,62
2004	3,9	0,79
2005	3,5	0,72
2006	2,8	0,59
2007	2,0	0,68
2008	0,1	0,63
2009	-2,6	0,00
2010	2,7	0,55
2011	1,5	0,34
2012	2,3	0,15
2013	1,8	0,49
2014	2,3	0,28
2015	2,7	0,67
2016	1,7	0,57
2017	2,2	0,51
2018	2,9	0,67
2019	2,3	0,46
2020	-2,8	0,39
2021	5,9	0,93

Источник: составлено автором на основе данных ВВП по отраслям. Бюро экономического анализа США (BEA). Режим доступа; <https://www.bea.gov/>

Source: compiled by the author based on GDP data by industry. US Bureau of Economic Analysis (BEA). Available at: <https://www.bea.gov/>

По результатам анализа можно сказать, что при росте вклада ИТ-сектора (на 1 процентный пункт) в процентное изменение реального ВВП темпы прироста реального ВВП увеличиваются на 5,27 процентных пункта. Более того, изменчивость темпов роста реального ВВП на 54 процента зависит именно от изменения вклада ИТ-сектора в прирост реального ВВП (табл. 8).

Данные по критериям Фишера и Стьюдента подтверждают статистическую значимость проведенного исследования:

F -критерий Фишера (табл.) / F -критерий Фишера (факт.) – 4,30 / 25,87;

t -критерий Стьюдента (табл.) / t -критерий Стьюдента (факт.) – 2,07 / 5,09.

Таким образом, на примере роли и оценки значимости инновационного сектора в развитии всей национальной экономической системы можно утверждать, что именно инновационное развитие экономики является в настоящий момент базовым элементом в обеспечении устойчивого развития национальной экономической системы.

Основные макроэкономические показатели развития экономики, показатели масштабов, динамики и структуры экспортных и импортных поставок из страны являются необходимым элементом оценки промышленной политики. Инновационные показатели (в том числе, количество технопарков, работников данных сфер экономики и т.д. в рамках вышепроведенной оценки влияния инновационного сегмента американской экономики на экономическое развитие) также являются важным компонентом в рассмотрении инновационной промышленной политики. Подобными показателями на основании проведенного анализа можно считать:

- 1) валовую добавленную стоимость ИТ-сектора;
- 2) количество рабочих мест в ИТ-секторе;
- 3) число высокотехнологических (инновационных) предприятий и организаций;
- 4) заработную плату в ИТ-секторе;
- 5) количество созданных технопарков.

Таблица 8 / Table 8

**Регрессионная статистика зависимости
темпов прироста ВВП от вклада ИТ-сектора
в процентное изменение ВВП**

Regression statistics of the dependence of GDP growth
rates on the contribution of the IT sector
to the percentage change in GDP

Множественный R	0,735132522	Коэффициент корреляции
R-квадрат	0,540419826	Коэффициент детерминации

Среди дополнительных показателей оценки эффективности инновационной составляющей в промышленном развитии экономики можно считать:

- 1) экспорт ИТ-товаров;
- 2) экспорт ИТ-услуг;
- 3) расходы государственного бюджета на ИТ-сектор;
- 4) развитие кредитования в ИТ-секторе;
- 5) расходы на НИОКР частного предпринимательского сектора.

Проанализировав значимость инновационного сегмента в развитии национальной экономики в рамках мирового опыта, рассмотрим возможности и потенциальные условия инновационного промышленного развития в рамках формирования механизма реализации инновационной промышленной политики в российской экономике.

Проблемами, существующими в период текущего кризиса в российской экономике, можно считать трансформацию спроса на производимую в стране и закупаемую за рубежом продукцию, изменение общих геополитических условий развития мировой и российской экономики, санкционное давление на ряд игроков мирового рынка в целях обеспечения неконкурентных преимуществ ряду национальных экономических систем. Данные изменения сопровождаются усилением процессов разбалансирования эко-

номики, кадровыми проблемами, ростом безработицы. Накапливающийся износ активов промышленных предприятий, соответствующий рост материальных затрат приводят к постепенному повышению себестоимости производимой продукции. Российские особенности кризиса в промышленном развитии обусловлены дополнительными динамикой внешних экономических условий, геополитическими изменениями.

Любое промышленное предприятие представляет собой совокупность механизмов производства продукции в рамках определенной используемой технологии. Именно проблемы инновационного и инвестиционного обновления промышленности и используемых технологий становятся наиболее важным механизмом обеспечения промышленного развития и реализации промышленной политики в настоящее время. Изменение индекса промышленного производства по субъектам РФ представлено в **табл. 9**.

Из табл. 9 следует, что в различных регионах ситуация с промышленным производством значительно менялась с 2013 по 2023 г. в зависимости от внутренних особенностей развития территории (географических точек обострения зависимости промышленного развития того или иного региона от включенности в процессы развития импортозамещения внутри страны и подверженности санкционному давлению и внешним санкционным рискам). Тем не менее

Таблица 9 / Table 9

Индекс промышленного производства по субъектам Российской Федерации, в % к предыдущему году за 2013–2023 гг.

Industrial production index by constituent entities of the Russian Federation (in % of the previous year) for 2013–2023

Субъекты РФ	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Российская Федерация (всего)	100,4	101,7	96,6	101,8	103,7	103,5	103,4	97,9	106,3	100,7	103,5
ПФО	101,8	102,5	96,5	101,0	102,5	101,6	102,7	98,1	106,6	101,8	106,7
Республика Башкортостан	102,3	103,9	101,3	100,1	104,2	101,1	104,8	99,1	104,4	103,6	106,5
Республика Марий Эл	100,3	113,4	108,5	94,6	106,5	96,7	108,8	95,4	99,7	95,6	114,1
Республика Мордовия	99,4	110,8	98,1	102,3	109,6	107,2	104,1	106,3	111,1	99,4	108,0
Республика Татарстан	101,7	101,3	101,5	103,4	101,5	102,6	102,4	96,6	108,6	106,7	103,3
Удмуртская Республика	101,8	99,2	102,6	105,7	97,7	102,0	101,5	95,2	108,9	103,7	108,7
Чувашская Республика	100,5	104,7	95,0	104,4	103,7	103,3	104,7	97,7	98,9	102,3	127,2
Пермский край	103,9	103,9	99,5	99,7	102,5	100,3	98,9	97,5	104,3	98,4	105,2
Кировская область	100,2	103,9	103,3	103,9	101,0	103,3	101,3	104,1	114,6	103,3	108,4
Нижегородская область	104,5	100,6	102,5	102,5	104,8	102,3	105,3	95,3	113,6	101,3	110,6
Оренбургская область	96,9	101,2	92,5	95,5	101,4	101,6	103,4	98,4	99,6	97,2	102,9
Пензенская область	104,7	108,3	104,8	104,6	109,1	104,7	112,3	117,6	115,5	102,0	114,1
Самарская область	101,0	99,4	99,4	99,8	101,5	100,0	102,4	96,4	103,6	96,7	109,2
Саратовская область	102,3	107,6	104,2	100,7	103,2	100,7	100,3	107,1	107,0	108,9	103,4
Ульяновская область	99,4	102,9	102,4	101,7	106,6	100,9	102,1	96,4	111,8	95,3	111,9

прослеживаются два года отрицательной динамики практически для всех регионов. Это 2015 г., когда были введены (незадолго до этого) санкции против российской экономики, и 2020 г., когда падение промышленного производства определялось внешними параметрами (пандемия).

Среди базовых элементов, подлежащих регулированию со стороны государства, в предшествующем анализе исследовались инвестиционная и инновационная составляющие промышленной политики. Налаживание инвестиционного и инновационного механизмов создает общие позитивные возможности для промышленного развития в рамках взаимодействия региональных и федеральных органов власти и бизнес-структур. Анализ импортируемых и экспортируемых товарных групп (с определением точек локализации) фактически является основой для проведения последующих корректирующих действий в рамках реализации промышленной политики со стороны государства (изменении направлений приложения усилий государства, а также используемого инструментария). При этом аспекты обеспечения общего инновационного развития решаются в рамках формирования инновационной базы для формирования инновационного процесса (как в рамках совершенствования системы отбора и подготовки кадров, так и в рамках вло-

жения инвестиционных ресурсов в проведение фундаментальных и прикладных научных исследований в стране для формирования и роста потенциальных возможностей устойчивого развития в будущем). При сравнении индекса промышленного производства по регионам важно обратить внимание на объем прямых инвестиций в основную капитал и его динамику в целом по РФ и регионам ПФО (табл. 10).

На рис. 5 представлена зависимость индекса промышленного производства и индекса физического объема прямых инвестиций в основную капитал.

При рассмотрении роли внутренних затрат на исследования и разработки в российской экономике отметим, что по данным Федеральной службы государственной статистики по абсолютным масштабам затрат на науку (49,9 млрд долл. США в расчете по паритету покупательной способности (табл. 11) национальных валют) российская экономика по итогам 2023 г. осталась в десятке лидеров. Однако по доле таких затрат в ВВП страны она занимает лишь 43-е место (затраты на российскую науку составили 1,4 трлн руб. в 2022 г.²).

² Российский союз ректоров. Режим доступа: <https://rsr-online.ru/news/2023/11/2/zatratty-na-rossijskuyu-nauku-sostavili-14-trln-rublej-v-2022-godu/> (дата обращения: 02.11.2023).

Таблица 10 / Table 10

Индекс физического объема прямых инвестиций в основную капитал Российской Федерации, в % к предыдущему году

Index of physical volume of direct investment in fixed capital of the Russian Federation (in % of the previous year)

Субъекты РФ	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Российская Федерация (всего)	100,8	98,5	89,9	99,8	104,8	105,4	102,1	99,9	108,6	106,7
ПФО	106,9	100,1	93,1	92,9	96,7	99,3	102,9	98,2	104,8	105,5
Республика Башкортостан	107,9	103,4	100,5	102,5	74,7	92,4	119	105	105,9	107,4
Республика Марий Эл	141,2	97,8	78,8	65,6	85,3	106,9	95,1	120,8	100,1	94
Республика Мордовия	101,9	86,1	101,3	91,8	106,7	83,1	96,4	84	103,7	100,5
Республика Татарстан (Татарстан)	106,2	100	100	100	99,3	96,5	96,4	92,6	106,4	110,5
Удмуртская Республика	115,8	105,6	80,6	103,3	96	109,4	102,9	106,9	98,8	101,7
Чувашская Республика – Чувашия	82,7	84,8	94,7	83,6	102,3	99,7	108,7	81,1	108,3	132,6
Пермский край	123,5	90,6	97,1	97,7	97,2	94,6	108,5	92,7	103,5	107,2
Кировская область	110,9	99,5	81,2	94,	99,5	98,5	113,8	88,5	107	100,3
Нижегородская область	100,7	94,7	75	90,6	101,7	103	105,1	116,7	100,1	102,1
Оренбургская область	92	97,8	103,7	90,8	104,1	113	96,5	92,2	97,7	107,7
Пензенская область	114,1	98,4	101	68,7	106,8	119,2	99,2	100	96,5	94,5
Самарская область	114,8	114,5	88,3	78,3	98,9	99,3	105,7	97,7	119,2	101,8
Саратовская область	104,2	107,8	90,8	95,3	100,3	100,5	100,6	96,3	94,4	102,8
Ульяновская область	99,1	97	92,6	84,6	116	96	90,8	95,8	114,6	94,7

Источник: составлено автором по данным индекса физического объема инвестиций в основную капитал. Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/34129>

Source: compiled by the author based on the index of physical volume of investments in fixed capital. Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/34129>

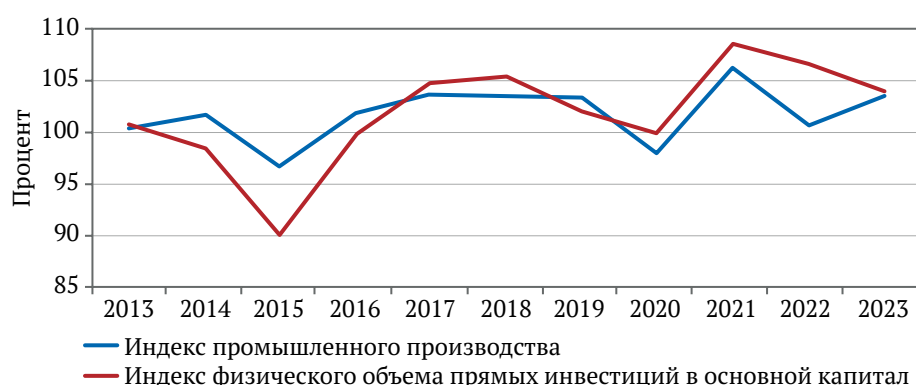


Рис. 5. Зависимость индекса промышленного производства и индекса физического объема прямых инвестиций

Fig. 5. Dependence of the industrial production index and the index of physical volume of direct investment

Таблица 11 / Table 11

Паритет покупательной способности рубля к доллару США в 2023 г.

Purchasing power parity of the ruble to the US dollar

Год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ППС	19,51	21	23,56	24,19	24,12	24,54	24,84	24,49	27,25	28,8	32,07

Источник: составлено автором на основании значений паритета покупательной способности (российских рублей за 1 доллар США). Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/40707>

Source: compiled by the author based on purchasing power parity values (Russian rubles per 1 US\$). Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/40707>

Таблица 12 / Table 12

Внутренние затраты на НИОКР в российской экономике за 2013–2023 гг.

Domestic R&D expenditures in the Russian economy for 2013–2023

Затраты	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
НИОКР, млрд руб.	749797,64	847527,0	914669,1	943815,2	1019152,4	1028247,6	1134786,7	1174534,3	1301490,9	1435914,3	1200000,0

Источник: Составлено на основе данных Федеральной службы государственной статистики РФ. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>

Source: compiled based on data from the Federal State Statistics Service of the Russian Federation. Available at: <https://rosstat.gov.ru/>

Данные по вложениям в НИОКР в российской экономике систематизированы в табл. 12, а динамика изменения внутренних затрат на НИОКР проиллюстрирована на рис. 6.

Из табл. 12 видно, что затраты на НИОКР в 2023 г. снизились в фактических ценах, что, с одной стороны, противоречит сложившейся и устойчивой (2013–2022 гг.) тенденции к стимулированию и развитию инновационных процессов в российской экономике (и формированию условий для интенсификации инновационного процесса в стране), но, с другой стороны, является объективным следствием ситуации, сложившейся в российской экономике по результатам изменения геополитической обстановки развития национальной экономики в 2022 г.

По данным, представленным в табл. 12, расходы на НИОКР в российской экономике укладываются в минимальные пороговые значения 1–1,5% от ВВП, что в принципе соответствует цели возможной поддержки некоторого достигнутого уровня развития, но снижает возможности будущего потенциального инновационного развития. Для сравнения: доля расходов на НИОКР в ВВП США составляет 3,3%, Южной Кореи – 4,9% (на 2021 г.), Израиле – 5,6%, Германии – 3,5%. За последнее десятилетие общая численность ученых снизилась примерно на 28 тыс. чел. – с 368,9 тыс. в 2010 г. до 340,7 тыс. в 2022 г. Число исследователей в возрасте до 29 лет также упало – на 20 %³.

³ Федеральная служба государственной статистики РФ. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru>

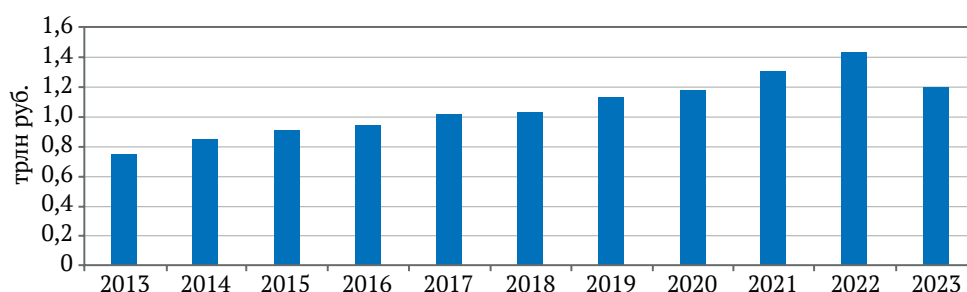


Рис. 6. Динамика внутренних затрат на НИОКР в российской экономике за 2013–2023 гг.

Fig. 6. Dynamics of domestic R&D expenditures in the Russian economy in 2013–2023

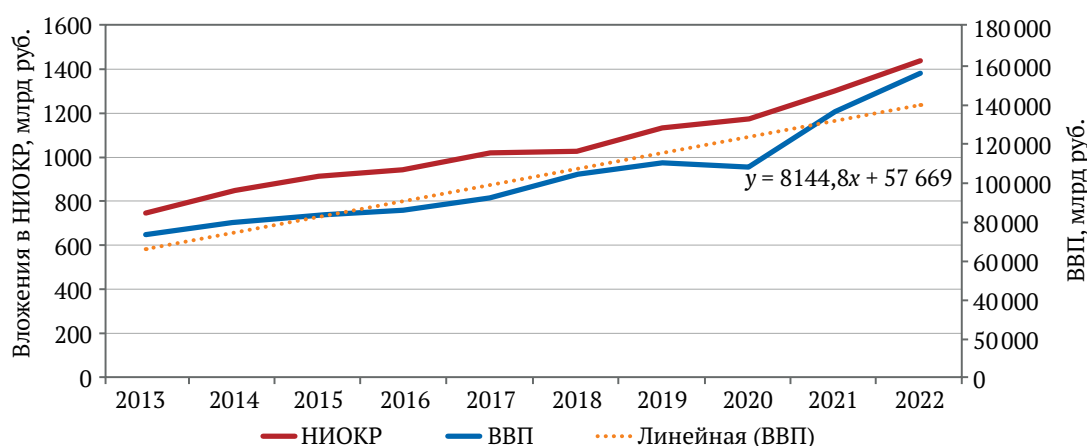


Рис. 7. Зависимость темпов изменения ВВП РФ от темпов изменения вложений в НИОКР в РФ

Fig. 7. Dependence of the rate of change of the RF GDP on the rate of change of investments in R&D in the RF

Зависимость темпов изменения ВВП российской экономики от темпов изменения вложений в НИОКР представлена на **рис. 7**.

Как и в других странах, в том числе основываясь на модели зависимости темпов экономического развития национальной экономики от темпов развития инновационной экономики в США, можно наблюдать зависимость экономического роста российской экономики от развития и совершенствования инновационного процесса.

Рассматривая параметры, позволяющие отслеживать эффективность работы механизма реализации инновационной промышленной политики в национальной экономике, стоит отметить также несколько дополнительных моментов. На основании проведенного анализа выделена роль человеческого капитала и человеческого развития в формировании общего инновационного процесса в стране. Данные по изменениям индекса человеческого развития (ИЧР) и ВВП РФ представлены в **табл. 13**.

Линейная зависимость между индексом человеческого развития и ВВП российской экономики проиллюстрирована на **рис. 8**.

Таблица 13 / Table 13

**Индекс человеческого развития и ВВП
российской экономики за 2012–2022 гг.**

Human Development Index and GDP
of the Russian economy for 2012–2022

Год	ИЧР (X)	ВВП РФ, млрд руб. (Y)
2012	0,798	68103,4
2013	0,803	72985,7
2014	0,807	79030,0
2015	0,813	83087,4
2016	0,817	85616,1
2017	0,822	91843,2
2018	0,824	103861,7
2019	0,839	109608,3
2020	0,826	107658,1
2021	0,818	135773,8
2022	0,821	155188,9

Источник / Source: Breaking the gridlock Reimagining cooperation in a polarized world. Human development report 2023/2024. 324 p. Available at: <https://hdr.undp.org/system/files/documents/global-report-document/hdr2023-24reporten.pdf>

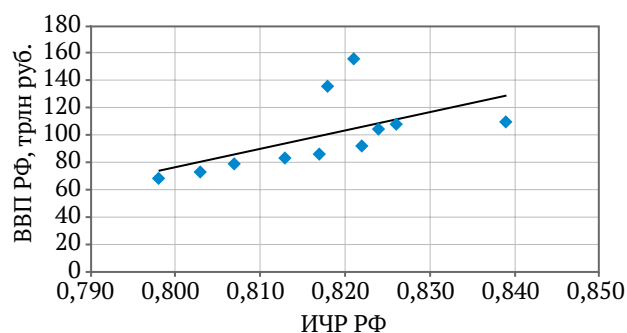


Рис. 8. Зависимость между ВВП и ИЧР в российской экономике за 2012–2022 гг.

Fig. 8. Dependence of GDP and HDI in the Russian economy for 2012–2022

Зависимость ВВП российской экономики от ИЧР выражается следующим уравнением:

$$Y = 0,00000006X - 998381,96.$$

Коэффициент детерминации равен 0,3316.

Однако по коэффициенту детерминации ИЧР определяется только 33% от возможного изменения ВВП. Фактически это означает, что есть ряд других параметров, в совокупности с которыми возможно объяснить изменения ВВП в России. И в самом деле, если предположить значимую роль человеческого капитала в активизации инновационного процесса в российской и мировой экономике и то, что инновационный процесс является основой реализации эффективной промышленной политики, обеспечивая положительные темпы экономического роста, то при рассмотрении тенденции совершенствования инновационного процесса и развития новых технологий через такие составляющие, как доля высоко- и среднетехнологичной промышленной продукции, публикация научно-технических статей в рецензируемых журналах, создание новых фирм, расходы на программное обеспечение, патенты, то зависимость инновационного процесса и процесса создания новых технологий от человеческого капитала (формируемого развитием сферы образования и активизацией процесса роста внутренних затрат на исследования и разработки) будет выражаться следующей зависимостью:

$$In = -5,71 + 0,87K,$$

где K – человеческий капитал; In – инновационный процесс в виде формирования новых технологий.

В данном случае коэффициент детерминации равен 0,71.

Таким образом, рассматривая развитие и совершенствование общего механизма реализации инновационной промышленной политики в рос-

сийской экономике можно сказать, что именно инновационный аспект, аспект инвестирования, развития человеческого капитала и человеческого развития позволяют достигать наиболее эффективного развития национальной экономической системы.

Заключение

По результатам проведенного исследования можно говорить о схожести ситуации в российской экономике с другими экономическими системами. А именно, при проведении аналогии с моделью, построенной по опыту США по реализации и совершенствованию инновационного процесса, определяющей значимость сектора инновационных технологий в развитии экономической системы и обеспечении роста ВВП, можно считать, что усиление действий государства в направлении развития науки и образования посредством активизации процессов развития и совершенствования человеческого капитала способно интенсифицировать инновационный процесс и процесс формирования новых технологий. Данная интенсификация инновационного процесса повысит эффективность реализации механизма инновационного промышленного развития в российской экономике, обеспечивая положительные темпы экономического роста даже в условиях санкционных рисков и усиления санкционного давления, формируя предпосылки устойчивого развития в российской экономике в долгосрочном периоде времени.

Несмотря на изменение внешних геополитических условий, инновационный процесс позволяет интенсифицировать развитие национальной экономики, реализуясь в том числе в рамках процесса импортозамещения и процесса промышленного развития. Факторами, позволяющими оценить влияние инновационного сегмента экономики на экономическую систему в целом, можно считать: валовую добавленную стоимость, произведенную в ИТ-секторе, количество рабочих мест в ИТ-секторе, число высокотехнологических (инновационных) предприятий и организаций, количество созданных технопарков, экспорт ИТ-товаров, экспорт ИТ-услуг, расходы государственного бюджета на ИТ-сектор и НИОКР частного предпринимательского сектора. Инновационное промышленное развитие в национальной экономике требует согласования и координации действий государственных органов власти и частных предпринимательских структур в рамках формирования направлений, выбора приоритетов и повышения эффективности проводимой инновационной промышленной политики.

Список литературы / References

1. Сорокина А.И., Можарова Е.И., Бордова А.А. Импортозамещение в современных условиях. *Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета*. 2022;(19):360–367. Sorokina A.I., Mozharova E.I., Bordova A.A. Import substitution in modern conditions. *Sbornik Nauchnykh Trudov Angarskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta*. 2022;(19):360–367. (In Russ.).
2. Борисов В.Н., Почукаева О.В. Развивающее импортозамещение как следствие роста конкурентоспособности инвестиционной техники. *Развитие территорий*. 2021;(2(24)):10–18. Borisov V.N., Pochukaeva O.V. Developing import substitution as a result of the growth of the competitiveness of investment equipment. *Territory Development*. 2021;(2(24)):10–18. (In Russ.).
3. Трифонов П.В. Анализ конкурентоспособности продукции высокотехнологичного сектора обрабатывающей промышленности РФ на внутренних и внешних рынках. *Научные труды Вольного экономического общества России*. 2021;230(4):196–203. Trifonov P.V. Analysis of the competitiveness of products of high-tech sector of the manufacturing industry of the Russian Federation in domestic and foreign markets. *Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii = VEO of Russia Today*. 2021;230(4):196–203. (In Russ.).
4. Абдикеев Н.М., Богачев Ю.С., Трифонов П.В., Донцова О.И. Приоритетные направления развития авиационной промышленности. *Полет. Общероссийский научно-технический журнал*. 2020;(9):24–31. Abdikeev N.M., Bogachev Yu.S., Trifonov P.V., Dontsova O.I. Priority areas for the aviation industry development. *Polet. Obshcherossiiskii nauchno-tekhnicheskii zhurnal*. 2020;(9):24–31. (In Russ.).
5. Балашов М.М. Импортозамещение в отрасли энергетического машиностроения. *Стратегические решения и риск-менеджмент*. 2020;11(2):182–195. Balashov M.M. Import substitution in the power engineering industry. *Strategic Decisions and Risk Management*. 2020;11(2):182–195. (In Russ.).
6. Miller A., Miller M. Study of the problems of technological integration in the manufacturing industry in Russia. *Strategic Management*. 2019;24(3):33–42. <https://doi.org/10.5937/StraMan1903033M>
7. Ватолкина Н.Ш., Горбунова Н.В. Импортозамещение: зарубежный опыт, инструменты и эффекты. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*. 2015;(6(233)):29–39. <https://doi.org/10.5862/JE.233.3> Vatulkina N., Gorbunova N.V. Import substitution: international experience, instruments. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki*. 2015;(6(233)):29–39. (In Russ.). <https://doi.org/10.5862/JE.233.3>
8. Грабчак Е.П., Медведева Е.А., Голованов К.П. Импортозамещение – драйвер развития или вынужденная мера. *Энергетическая политика*. 2016;(3):74–85. Grabchak E.P., Medvedeva E.A., Golovanov K.P. Import replacement – driver for evolution or forced measure. *Energeticheskaya politika*. 2016;(3):74–85. (In Russ.).
9. Бендииков М.А., Ганичев Н.А. Электронная импортозависимость и пути ее преодоления (на примере космической промышленности). *Экономический анализ: теория и практика*. 2015;(3):2–17. Bendikov M.A., Ganichev N.A. Dependence on electronic components import dependence and ways to overcome it (the space industry case). *Economic Analysis: Theory and Practice*. 2015;(3):2–17.
10. Hinton R.W.K. The mercantile system in the time of Thomas Mun, economic history review. *Economic History Society*. 1995;7(3):277–290. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0289.1955.tb01531.x>
11. Lewis W.A. The slowing down of the engine of growth. *American Economic Review*. 1980;70:555–564.
12. Prebish R. The economic development in Latin America and its principal problems. *Economic Bulletin for Latin America*. 1962;7:1–22.
13. Абдикаримова А.Т., Жетписбаева М.К., Гимранова Г.И., Мусатаева А.А. Периферийная экономика и импортозамещение: возможности для Казахстана. *Вестник Карагандинского университета. Серия: Экономика*. 2019;94(2):241–261. Abdikarimova A.T., Zhetpisbayeva M.K., Gimranova G.I., Mussatayeva A.A. Peripheral economy and the import substitution: opportunities for Kazakhstan. *Bulletin of the Karaganda University. Series Economy*. 2019;94(2):241–261. (In Russ.).
14. Sun D., Liu Y., Grant J., Long Ya., Wang X., Xie C. Impact of food safety regulations on agricultural trade: Evidence from China's import refusal data. *Food Policy*. 2021;105(2):102185. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102185>
15. Kamidelivand M., Cahill C., Llop M., Rogan F., O'Gallachoir B. A comparative analysis of substituting imported gas and coal for electricity with renewables – An input-output simulation. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2018;30:1–10. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.08.003>
16. Kong Zh., Dong X., Jiang Q. Then net energy impact of substituting imported oil with coal-to-liquid in China. *Journal of Cleaner Production*. 2018;198(5):80–90. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.254>

17. Aiesheva G.A., Sultanova Z.Kh., Aimukhanbetova G. Effective import substitution in the market of agro-food products and the development of export potential. *Future Business Journal*. 2018;(2(90)):65–72.
18. Исмагилова Л.Р. Развитие экспортоориентированных и импортозамещающих производств как фактор интеграции региона в систему мирохозяйственных связей: дис. ... канд. экон. наук. Казань; 2004. 202 с.
19. Макаров А.Н. Импортозамещение как инструмент индустриализации экономики региона (на примере Нижегородской области). *Российский внешнеэкономический вестник*. 2024;(5):36–40.
Makarov A.N. Import substitution as a tool for industrialization of the regional economy: innovative aspect (on the example of the Nizhny Novgorod region). *Russian Foreign Economic Journal*. 2024;(5):36–40. (In Russ.)
20. Назарчук Е.Н. Теоретические и методические основы эффективного импортозамещения на российских промышленных предприятиях: дис. ... канд. экон. наук. Казань; 2007. 137 с.
21. Федосеева Г.А. Сущность и развитие теории импортозамещения. *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. 2015;(3(93)):144–148.
Fedoseeva G.A. The essence and the development of import substitution. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*. 2015;(3(93)):144–148. (In Russ.)
22. Денисон Э. Исследование различий в темпах экономического роста. Пер с англ. М.: Прогресс; 1971. 646 с. (Russ. transl. from: Denison E.F. *Why growth rates differ; postwar experience in nine western countries*. Washington: Brookings Institution; 1967. 494 p.)
23. Кендрик Дж. Совокупный капитал США и его формирование. Пер. с англ. М.: Прогресс; 1978. 275 с. (Russ. transl. from: Kendrick J.W. *The formation and stocks of total capital*. New York: National Bureau of Economic Research: distributed by Columbia University Press; 1976 256 p.)
24. Добрынин А.И., Дятлов С.А., Цыренова Е.Д. Человеческий капитал в транзитивной экономике: Формирование, оценка, эффективность использования. СПб.: Наука; 1999. 310 с.
25. Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации. Воронеж: ЦИРЭ; 2005. 252 с.
26. Капелюшников Р.И. Экономический подход Гэри Беккера к человеческому поведению. США: экономика, политика, идеология. 1993;(11):17–32.
Kapelyushnikov R.I. Gary Becker's economic approach to human behavior. *USA – Economics, Politics, Ideology: Monthly Scientific and Public and Political Journal*. 1993;(11):17–32. (In Russ.)
27. Марцинкевич В.И., Соболева И.В. Экономика человека. М.: Аспект-Пресс; 1995. 36 с.
28. Wernerfelt B.A. Resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*. 1984;5(2):171–180.
29. Wernerfelt B.A. Resource-based view of the firm: ten years after. *Strategic Management Journal*. 1995;16(3):171–174.
30. Rumelt R.P. *Strategy, structure and economic performance*. Harvard Business School Press.; 1974. 474 p.
31. Rumelt R.P. *Towards a strategic theory of the firm*. In: Lamb R. (ed.). *Competitive Strategic management*. New Jersey: Prentice-Hall; 1984. P. 556–570.
32. Teece D.J. Managing intellectual capital: organizational, strategic and policy dimensions. *The Academy of Management Review*. 2001;26(4):664–665. <https://doi.org/10.5465/amr.2001.5393907>
33. Teece D.J. Towards an economic theory of the multi-product firm. *Journal of Economic Behavior and Organization*. 1982;3(1):39–63.
34. Prahalad C., Bettis R. The dominant logic: A new linkage between diversity and performance. *Strategic Management Journal*. 1986;7(6):485–501. <https://doi.org/10.1002/smj.4250070602>
35. Prahalad C., Hamel G. Strategy as a field of study: Why search for a new paradigm, *Strategic Management Journal*. 1994;15(S2):5–16. <https://doi.org/10.1002/smj.4250151002>
36. Prahalad C., Hamel G. The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*. 1990;68:79–91.
37. Катъкало В.С. Эволюция теории стратегического управления. СПб.: Высш. шк. менеджмента: Изд. дом Санкт-Петербургского ун-та; 2006. 548 с.
38. Бухвалов А.В., Катъкало В.С. Новые тенденции в концептуализации стратегического управления инновациями. *Российский журнал менеджмента*. 2004;2(4):59–66.
Bukhvalov A.V., Kat'kalo V.S. New trends in conceptualization of strategic management of innovations. *Russian Management Journal*. 2004;2(4):59–66. (In Russ.)
39. Бухвалов А.В., Катъкало В.С. Современные трактовки стратегий диверсификации. *Российский журнал менеджмента*. 2008;6(1):57–64.
Bukhvalov A.V., Kat'kalo V.S. Modern interpretations of diversification strategies. *Russian Management Journal*. 2008;6(1):57–64. (In Russ.)
40. Селищев Т.А. «Зеленая» экономика как модель устойчивого развития стран ЕАЭС. *Проблемы современной экономики*. 2018;3(67):6–12.
Selishchev T.A. “Green” economy as a model of sustainable development of the EAEU countries. *Problemy sovremennoi ekonomiki = Problems of Modern Economics*. 2018;3(67):6–12. (In Russ.)

41. Bottega A., Romero J.P. Innovation, export performance and trade elasticities across different sectors *Structural Change and Economic Dynamics*. 2021;58(2):174–184. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2021.05.008>
42. Carfora A., Pansini R.V., Scandurra G. Energy dependence, renewable energy generation and import demand: Are EU countries resilient. *Renewable Energy*. 2022;195(3):1262–1274. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.06.098>
43. Hoang D., Breugelmans E. Sorry, the product you ordered is out of stock”: Effects of substitution policy in online grocery retailing. *Journal of Retailing*. 2023;99(3):26–45. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2022.06.006>

Информация об авторе

Ирек Камилевич Низамутдинов – канд. экон. наук, доцент кафедры проектного менеджмента и оценки бизнеса, Казанский (Приволжский) федеральный университет», 420008, Казань, Кремлевская ул., д. 18, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3458-7607>; e-mail: irek.nizamutdinov@gmail.com

Information about the author

Irec K. Nizamutdinov – PhD (Econ.), Associate Professor of the Department of Project Management and Business Evaluation, Kazan (Volga region) Federal University, 18 Kremlevskaya Str., Kazan 420008, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3458-7607>; e-mail: irek.nizamutdinov@gmail.com

Поступила в редакцию **29.09.2024**; поступила после доработки **15.11.2024**; принята к публикации **16.11.2024**
Received **29.09.2024**; Revised **15.11.2024**; Accepted **16.11.2024**

Государственное руководство процессом импортозамещения в российской экономике

Е.Ю. Сидорова^{1,2}✉, Д.П. Завражин³

¹Российский университет дружбы народов,

117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Российская Федерация

²Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,

125993, Москва, Ленинградский просп., д. 55, Российская Федерация

³Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»,

119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1, Российская Федерация

✉ ejsidorova@yandex.ru

Аннотация. Российская экономика в настоящее время испытывает на себе серьезное влияние со стороны внешнеторговых ограничений, международных экономических санкций, мер политического давления. В этих условиях Правительство страны использует широкий перечень мер по реализации политики импортозамещения, призванной компенсировать негативное внешнее воздействие. В статье исследована экономическая сущность импортозамещения. Составлена периодизация политики импортозамещения в РФ. В настоящее время российская экономика сохраняет хорошую динамику в сфере сокращения ввоза импортных товаров. Так, в 2019 г. доля импорта составляла 26 % ВВП, а в 2023 г. данный показатель снизился до 19 %, или 32 трлн руб. Последовательное внедрение механизмов импортозамещения в структуру национальной экономики будет способствовать постепенному сокращению уровня зависимости внутреннего рынка от продукции, имеющей иностранное производство. В настоящее время компании действуют в сложных экономических условиях, которые сопровождаются особыми условиями осуществления ВЭД. С учетом этих обстоятельств авторами была разработана модельная схема взаимодействия системы управления компании и политики в области импортозамещения. Представленная модель позволяет выявить взаимосвязь между осуществляемой государством политикой импортозамещения и результатом функционирования системы управления современных предприятий. Система управления компанией отличается в зависимости от сферы его деятельности, однако при использовании имеющихся инструментов реализации политики импортозамещения компания может достичь экономических результатов работы на внутреннем рынке и во внешней торговле. Особое значение в реализации политики импортозамещения играют системы управления, в ведении которых находится использование предлагаемых государством мер и инструментов поддержки. Эффективное функционирование систем управления предприятиями в отношении проводимой государством политики импортозамещения способствует усилению позиций страны на мировом рынке и гарантирует стабильный рост показателей внешнеэкономической деятельности.

Ключевые слова: государственная политика, импортозамещение, система управления, протекционизм, внешняя политика страны, экономические санкции, санкционное давление, стабильный рост

Для цитирования: Сидорова Е.Ю., Завражин Д.П. Государственное руководство процессом импортозамещения в российской экономике. *Экономика промышленности*. 2024;17(4):456–464. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1363>

State management of the import substitution process in the Russian economy

E.Yu. Sidorova^{1,2}✉, D.P. Zavrazhin³

¹RUDN University, 6 Miklukho-Maklaya Str., Moscow, 117198, Russian Federation

²Financial University under the Government of the Russian Federation,
55 Leningradsky Ave., Moscow 125993, Russian Federation

³National University of Science and Technology "MISIS",
4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation

✉ ejsidorova@yandex.ru

Abstract. At the present moment the Russian economy is being seriously influenced by foreign trade restrictions, international economic sanctions and measures of political pressure. Under these conditions the Government of Russia is using a wide range of measures to implement the import substitution policy aimed at compensating for the negative external impact. The article studies the economic essence of import substitution. The periodization of the import substitution policy in the Russian Federation has been done. Currently, the Russian economy is maintaining good dynamics in the reducing the import of foreign-made goods. For example, in 2019 the import share was 26% of the GDP, and in 2023 this indicator dropped to 19% or 32 trillion rubles. Consistent implementation of import substitution mechanisms into the structure of the national economy will ensure gradual reduction of the level of dependence of the domestic market on the foreign-made products. At present, companies operate in complicated economic conditions which are accompanied by special conditions for the performing foreign economic activity. With the consideration of these circumstances the authors have developed a model scheme of cooperation of the company management system and the import substitution policy. The proposed model allows detecting the interconnection between the government import substitution policy and the result of operation of the management system of modern companies. Company management systems vary depending on the area of their activity but when applying the existing tools of implementing the import substitution policy a company can achieve economic results of operation on the domestic market as well as in the foreign trade. Special significance in implementing the import substitution policy belongs to the management systems that deal with applying state support measures and tools. Effective functioning of company management systems with regard to the state's import substitution policy helps to strengthen the country's position in the world market and guarantees sustainable growth of the indicators of foreign economic activity.

Keywords: government policy, import substitution, management system, protectionism, foreign policy of the country, economic sanctions, sanction pressure, sustainable growth

For citation: Sidorova E.Yu., Zavrazhin D.P. State management of the import substitution process in the Russian economy. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2024;17(4):456–464. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1363>

俄罗斯经济进口替代过程的国家管理

E.Yu. 西多罗娃^{1, 2}✉, D.P. 扎夫拉欣³

¹俄罗斯人民友谊大学, 117198, 俄罗斯联邦莫斯科米克卢霍-马克莱大街6号

²俄罗斯联邦政府下属金融大学, 125993, 俄罗斯联邦莫斯科列宁格勒大街55号

³莫斯科国立研究型技术大学MISIS, 119049, 俄罗斯联邦莫斯科列宁斯基大街4号1栋

✉ ejsidorova@yandex.ru

摘要： 俄罗斯经济目前正经受着外贸限制、国际经济制裁和政治施压措施的严重冲击。在这种情况下，俄罗斯政府采取了一系列措施实施进口替代政策，以弥补外部的负面影响。文章研究了进口替代的经济本质。对俄罗斯联邦进口替代政策的周期进行了梳理。目前，俄罗斯经济在减少进口商品方面保持着良好的发展势头。例如，2019年进口总额占GDP的26%，2023年这一指标降至19%，即32万亿卢布。在国民经济结构中持续引入进口替代机制将有助于逐步降低国内市场对外国制造产品的依赖程度。目前，企业在困难的经济条件下运营，同时还存在

开展对外经济活动的特殊条件。考虑到这些情况，作者开发了公司管理体系与进口替代政策之间的互动模型方案。通过该模型，我们可以确定国家实施的进口替代政策与现代企业管理体系运作结果之间的关系。企业管理体系因其活动领域的不同而不同，但是，当利用现有工具实施进口替代政策时，企业可以在国内市场和对外贸易中取得经济效益。在实施进口替代政策的过程中，特别重要的是负责使用国家提供的措施和支持工具的管理体系。企业管理体系在国家推行的进口替代政策方面的有效运作有助于加强国家在世界市场上的地位，并保证对外经济活动指标的稳定增长。

关键词： 国家政策、进口替代、管理体系、保护主义、国家外交政策、经济制裁、制裁压力、稳定增长

Введение

Отличительной особенностью современного рынка является активное использование государством имеющихся рычагов, направленных на устранение экономических перекосов, вызванных нестабильностью рыночной среды. Российская экономика в настоящее время испытывает на себе серьезное влияние со стороны внешне-торговых ограничений, международных экономических санкций, мер политического давления. В этих условиях правительство страны использует широкий перечень мер по реализации политики импортозамещения, призванной компенсировать негативное внешнее воздействие.

В данной экономической ситуации государственная политика предполагает сведение к минимуму экономического и социального ущерба, который вызван внешним влиянием на экономику страны. Государственное регулирование в условиях импортозамещения решает следующие задачи:

1. Поддержание конкурентоспособности основных отраслей экономики страны.
2. Предупреждение кризисного состояния отдельных отраслей экономики, в том числе драйверов развития экономики страны, от которых в наибольшей степени зависит национальная безопасность.
3. Снижение негативных последствий внешнеэкономических санкционных воздействий, инвестирование в наиболее пострадавшие отрасли экономики.

Основная цель государства в условиях санкционного давления заключается в обеспечении максимального роста экономики и благосостояния общества. Это предполагает наличие подцелей, постепенное достижение которых способствует замещению видов материальных ресурсов, которые ранее поставлялись из-за рубежа, отечественными разработками. Достижение глобальной цели политики импортозамещения основано на поступательной реализации всех подцелей. Это приводит к необходимости постоянного государственного контроля за операция-

ми, осуществляемыми в рамках программ по реализации импортозамещения [1].

Теоретические положения по реализации процессов импортозамещения подробно рассматривали представители неокейнсианской школы. В теоретических моделях экономического развития государства тех времен импортозамещение определялось с позиций поиска путей реализации государственной политики в этой сфере, что позже создало отдельные концепции управления экономикой. Данные экономисты разработали модель экономического развития государства, суть которой состоит в приоритетном использовании внутренних ресурсов и максимальном отказе от внешних источников финансирования экономики через процессы исключения импортных товаров и замены их на отечественные [2].

Целью данной работы является исследование государственного управления процессом импортозамещения в российской экономике и разработка авторской модельной схемы взаимодействия системы управления компании и политики в области импортозамещения.

Политика импортозамещения: преимущества и риски

Рассмотрим термин «импортозамещение». Большинство исследователей сходится во мнении, что в основе политики импортозамещения лежит единый административный подход, разработанный Правительством РФ, играющий основную роль в процессе реализации национальной безопасности страны как субъекта протекционизма. В рамках данного подхода политика импортозамещения определяется как «государственная политика, осуществление которой основано на мероприятиях протекционизма в отношении отраслей промышленности, производящих продукцию, которая могла бы заменить импорт» [3].

При реализации политики импортозамещения активно используются, например, разработки программного обеспечения или нанотехнологии.

В своей работе В.З. Баликов пишет, что «неоднозначное восприятие справедливости аргу-

мента поддержки «молодой» отрасли в пользу протекционизма возникает, с одной стороны, с логичности такого аргумента и экономической обоснованности, особенно на первом этапе формирования, а с другой – противоречивости относительно эффективности такой политики, поскольку опыт свидетельствует, что такие отрасли часто так и не становятся на самом деле конкурентоспособными, развиваясь в «искусственных» условиях» [4, с. 32].

В.З. Баликов предлагает более широко рассматривать термин «политика импортозамещения»: «...механизм трансформации экономики страны в аспекте создания и модернизации производства, повышающего степень укрепления национального суверенитета. Анализ экономико-политической ситуации недавнего прошлого показывает, что Россия все чаще сталкивается с акцентированными внешними угрозами, суверенность выступает основной целью атаки глобализационных процессов. Внутренняя экономическая ситуация в стране также далека от совершенства. Структурные диспропорции, сырьевая специализация страны в мировой экономике заставляют нас задуматься о смене модели развития. Фундаментальные основы разрешения данного противоречия традиционно относятся к экономической плоскости» [4, С. 32].

В данном случае имеем в виду «молодые» и теоретически перспективные отрасли экономики, активная политика импортозамещения для которых может стать результативной или привести только к незначительным результатам. Авторы считают наиболее эффективной экономическую политику, направленную на защиту внутреннего рынка в отношении относительно конкурентоспособных отраслей, которые в силу тех или иных причин были ослаблены внешнеэкономическим влиянием. Такие отрасли, как машиностроение или сельское хозяйство, нуждаются в более активной поддержке со стороны государства, так как при привлечении финансовых средств способствуют усилению национальной безопасности и росту экономики [4].

Вместе с тем нельзя считать политику протекционизма как единственно возможную. Ряд авторов отмечает, что «импортозамещение не может быть основано исключительно на механизмах государственного регулирования, а должно включать в себя разнообразный комплекс мероприятий по структурной перестройке на уровне государства, восстановления и диверсификации производства, концентрации усилий и ресурсов с целью создания эффективной экономики» [5; 6]. Авторы поддерживают мнение

профессора А.Я. Эльянова о том, что импортозамещение «выдвигает на первый план создание всеобъемлющих промышленных комплексов, призванных насытить и структурировать внутренний рынок с помощью изделий местного производства и только потом направить их на экспорт...» [7].

Можно отметить, что целью импортозамещения может быть побуждение компаний к диверсификации деятельности в стране, например производству новых или более высокотехнологичных товаров. К основным положительным сторонам политики импортозамещения относят повышение уровня занятости в стране, снижение зависимости от импорта и повышение устойчивости экономики. Основным недостатком является отсутствие конкуренции внутри страны, поскольку сокращение поступлений импортных товаров может способствовать возникновению большого объема некачественной внутренней продукции, не соответствующей мировым стандартам.

Экономисты О.В. Титова и Н.А. Восканян отмечают, что «страны, проводящие политику импортозамещения, сталкиваются со многими нежелательными последствиями, такими как хронические проблемы с торговым и платежным балансом. Хотя предполагается, что импортозамещение снизит зависимость от мировой торговли, необходимо импортировать сырье, машины и запасные части. Чем более промышленно развита страна, тем больше она нуждается в импорте и импортозамещающей индустриализации, которая сильно влияет на экспорт» [8].

Анализ политики руководства процессами импортозамещения в России и ее результатов

Начало политики импортозамещения в России приходится на 2014 г., когда страна столкнулась с сильным внешнеэкономическим давлением. На **рис. 1** представлена периодизация политики импортозамещения в зависимости от условий и принимаемых в каждый период времени мер, связанных с ее развитием.

С 2015 по 2021 г. бюджетное финансирование на данные цели составило «500 млрд руб., а общий объем вложений превысил 3 трлн руб. Это дало возможность довести долю российской составляющей в производстве товаров для гражданского потребления и перерабатывающей промышленности почти до 60%»¹.

¹ Соколов А. Что такое импортозамещение, и зачем оно проводится. 10.05.2023. Режим доступа: <https://www.finam.ru/publications/item/chto-takoe-importozameshenie-i-zachem-ono-provoditsya-20230510-143900/> (дата обращения: 06.08.2024).

Период	2000–2008	2009–2013	2014–2021	2022 – по настоящее время
Условие	Динамичный рост экономики, смягчение бюджетных ограничений	Замедление экономического роста, посткризисные ограничения, проблемы в доступе к передовым технологиям	Ухудшение отношений с рядом развитых стран, первая волна санкций и коронкризис	Радикальное ухудшение отношений с большинством индустриально и технологически развитых – стран, масштабные санкции и риски их эскалации
Меры	Активное привлечение паевых инвестиционных фондов, использование зарубежных технологий, встраивание в глобальные цепочки и международное сотрудничество	Стимулирование инновационной активности, технологической модернизации, усиление требований к локализации производств, создание институтов развития	Поддержка ускоренного развития собственных научно-технологических компетенций, отраслевые планы, импортозамещения	Восполнение недостающих элементов в цепочках, заполнение ниш на рынках, снижение импортозависимости, технологический суверенитет

Рис. 1. Развитие российской политики импортозамещения

Источник: Импортозамещение в России: вчера и завтра. Режим доступа: <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/814560067.pdf> (дата обращения: 06.08.2024).

Fig. 1. Development of Russian import substitution policy

Source: Import substitution in Russia: Yesterday and tomorrow. Available at: <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/814560067.pdf> (accessed on 06.08.2024).

Можно отметить, что в настоящее время политики импортозамещения решает три основные задачи: 1) укрепление безопасности интересов государства; 2) развитие промышленного производства в стране и 3) снижение валютных и геополитических рисков.

Политика импортозамещения неуклонно показывает положительные результаты. 7 июня 2024 г. во время пленарного заседания в рамках Петербургского международного экономического форума (ПМЭФ) Президент России В. Путин отметил: «для высокого темпа роста экономики на долгосрочную перспективу Россия должна укреплять финансовый, технологический и кадровый суверенитет»². Также Президент РФ В. Путин заявил, что «результатом развития такой модели экономики и предложения в том числе должно стать снижение уровня импорта – до 17% ВВП к 2030 г.»³. Кроме того, по словам главы государства, «Россия должна нарастить производственные мощности и повысить конкуренто-

способность российской продукции на внешнем и внутреннем рынке»⁴.

В настоящее время российская экономика сохраняет положительную динамику в сфере сокращения объемов ввоза импортных товаров. Так, в 2019 г. доля импорта составляла 26% ВВП, а в 2023 г. данный показатель снизился до 19%, или 32 трлн руб.⁵ Последовательное внедрение механизмов импортозамещения в структуру национальной экономики будет способствовать постепенному сокращению уровня зависимости внутреннего рынка от иностранной продукции.

Однако для этого необходимо предпринять ряд важных структурных изменений и обеспечить достижение поставленных целей при смене приоритетов развития. Одним из наиболее важных направлений является переход от сырьевой экономики к высокотехнологическому производству, позволяющему получать высокую добавленную стоимость. Поддержка несырьевого экспорта должна стать основным приоритетом для изменения существующего баланса экспортно-импортных операций.

² Import substitution in Russia: Yesterday and tomorrow. Available at: <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/814560067.pdf> (accessed on 06.08.2024); Медведев призвал страны БРИКС к обмену опытом по технологическому суверенитету. Ведомости. 17 июня 2024. Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/politics/news/2024/06/17/1044146-obmenu> (дата обращения: 06.08.2024).

³ Там же.

⁴ Президент России призвал снизить уровень импорта до 17% ВВП к 2030 году. Ведомости. 07 июня 2024. Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/economics/news/2024/06/07/1042523-snizit-uroven-importa> (дата обращения: 06.08.2024).

⁵ Путин заявил о необходимости снижения доли импорта до 17% ВВП. ПМЭФ-2024. 07 июня 2024. Режим доступа: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/6662fe9d9a79478b3aa5c7e58> (дата обращения: 06.08.2024).

Следующим шагом в развитие экономики и повышение результативности производственной деятельности должна стать активизация применения информационных и цифровых технологий, роботизация отдельных производственных процессов. При этом необходимо усиливать поддержку отечественных предприятий, разрабатывающих программное обеспечение информационной инфраструктуры экономики. «К 2030 г. предстоит сформировать цифровые платформы во всех ключевых отраслях экономики и социальной сферы. Через шесть лет не менее 80% российских организаций ключевых отраслей экономики должны перейти на отечественное программное обеспечение»⁶, – как отметил Президент РФ В. Путин.

Необходимо также раскрыть потенциал регионов РФ – не только в качестве ресурсной базы, но и вовлечения территорий в процессы производства и реализации отечественной продукции. Это позволит увеличить рынок сбыта, повысить отдачу инвестиций и перераспределить финансовые потоки в стране. Всего предлагается реализовать 10 структурных изменений в различных отраслях экономики и направлениях функционирования внутреннего рынка страны. Это связано с тем, что форсирование работы только наиболее перспективных с точки зрения экспортных потоков отраслей не позволит устранить имеющийся дисбаланс внешнеторговой деятельности.

Согласно докладу НИУ ВШЭ⁷, результаты реализации политики импортозамещения демонстрируют отрасли, которые нельзя отнести к высокотехнологичным, например, агропромышленный комплекс (АПК), трубная и мебельная промышленности. Основой активной политики замещения импортируемой продукции являются повышение уровня переработки, доступные технологии, прямые иностранные инвестиции, ориентированность на экспорт.

В отраслях, которые можно отнести к высокотехнологичным, например, фармацевтическая отрасль или авиастроение, возможности заимствования технологий оказались ограничены, сети субподряда недостаточно развиты для локализации. В таких отраслях основной ресурс – это

человеческий капитал, который должен отвечать определенным требованиям. Также данные виды отраслей сильно зависят от импортного сырья и комплектующих. При этом в длительной перспективе развитие этих отраслей возможно, так как страна и компании располагают для этого нужными ресурсами.

Как отмечается в докладе ВШЭ, для устойчивого импортозамещения требуется преодолеть «пороговый уровень» изменений (собственные исследования, разработки и ключевые компоненты). Политика импортозамещения имеет отраслевую и продуктовую направленность, поэтому для устранения проблем реализации этой политики важно развивать не только производственную подсистему предприятий в различных отраслях экономики, но и выстраивать более продуктивные отношения с поставщиками и потребителями.

Исследователи ВШЭ отмечают: «наиболее успешные практики импортозамещения опираются на предпринимательские мотивации, готовность компаний к модернизации. Важно формировать условия для инициирования проектов импортозамещения “снизу вверх”»⁸. В данном случае необходимо рассматривать систему управления компанией как один из основных элементов реализации политики импортозамещения.

Как отмечает Н.М. Абдикеев, «одной из наиболее важных проблем, которые присущи современным хозяйствующим субъектам, функционирующих в наиболее технологически развитых направлениях и отраслях экономики, является несостоятельность действующих систем управления» [9]. Экономист Н.М. Абдикеев указывает, что эта проблема выражается, прежде всего, в недостаточной квалификации менеджеров, низком уровне цифровизации процессов, отсутствии необходимого управленческого навыка [9].

Ключевым фактором для реализации политики импортозамещения является выстраивание результативных процессов управления. Так экономисты О.Н. Киселева и Ф.Ф. Ализаде отмечают, что «именно от действующей системы управления непосредственно зависит уровень эффективности текущей деятельности предприятия, на базе которой осуществляется его развитие» [10]: руководители компаний разрабатывают ключевые стратегические направления развития, от их политики и принимаемых решений во многом зависит производственный, инновационный и кадровый потенциал, который является основой и принципиальной возможностью осуществления проектов развития. От «прозрачности» и объек-

⁶ Мухаметшина Е. Путин представил 10 структурных изменений в развитии России до 2030 года. Ведомости. 07 июля 2024. Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/politics/articles/2024/06/07/1042611-putin-predstavil-10-strukturnih-izmenenii> (дата обращения: 06.08.2024).

⁷ Импортозамещение в России: вчера и завтра. Аналитический доклад НИУ ВШЭ. М.: Изд. дом Высшей школы экономики; 2023. 272 с. Режим доступа: <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/814560067.pdf> (дата обращения: 06.08.2024).

⁸ Там же.

тивности управленческой информации, оперативности ее формирования и поступления лицам, принимающим решения, зависит своевременность и действенность реагирования на возникающие вызовы со стороны внешней и внутренней среды функционирования, оказывающие влияние на процессы реализации стратегии импортозамещения. При этом для реализации политики импортозамещения система управления компанией должна быть гибкой и реализовывать современные инструментари и технологии, находиться в непрерывном развитии, а также использовать передовой опыт для достижения наилучших результатов. Все это позволит реализовать цели политики импортозамещения [9].

В настоящее время компании действуют в сложных экономических условиях, которые сопровождаются особыми условиями осуществления внешнеэкономической деятельности (ВЭД). С учетом этих обстоятельств авторами была разработана модельная схема взаимодействия системы управления компанией и политики в области импортозамещения (рис. 2).

Представленная модель позволяет выявить взаимосвязь между осуществляемой государством политикой импортозамещения и результатом функционирования системы управления современных предприятий. На основе утвержденных нормативно-правовых актов и документации в сфере импортозамещения государство оказывает влияние на отдельные отрасли экономики. При этом, к административным мерам можно отнести распоряжения и ограничения в определенных сферах деятельности, к экономическим – финансовую и фискальную политику, налоговое регулирование, финансовые меры государственной поддержки.

В свою очередь, эффективное функционирование систем управления предприятиями в отношении проводимой политики импортозамещения будет способствовать усилению позиций государства на мировом рынке и гарантировать стабильный внешнеэкономический рост. Но и государственные органы должны оказывать поддержку предприятиям, которые осуществляют свою деятельность по замещению иностранной продукции.



Рис. 2. Модельная схема взаимодействия системы управления компании и политики в области импортозамещения

Fig. 2. Model diagram of interaction between the company's management system and import substitution policy

Однако стоит учитывать, что для достижения поставленных государством целей в сфере импортозамещения системы управления современными предприятиями должны быть открытыми и достаточно гибкими, способными трансформироваться в соответствии с активно изменяющимся реальным состоянием.

Заключение

Можно сделать вывод о том, что политика импортозамещения связана с политикой протекционизма и действует в тех отраслях народного хозяйства, где экономические субъекты наиболее эффективно осуществляют замену импортных товаров на отечественные.

К основным причинам активного использования в РФ политики импортозамещения можно отнести санкционные воздействия на экономику страны начиная с 2014 г., а также последствия пандемии Covid-19.

Особую важность в реализации политики импортозамещения играют системы управления предприятиями, в ведении которых находится использование предлагаемых государством мер и инструментов поддержки. Эффективное функционирование систем управления предприятиями в отношении проводимой государством политики импортозамещения способствует усилению позиций страны на мировом рынке и гарантирует устойчивый рост показателей ВЭД.

Таким образом в статье системно исследовано государственное руководство процессом импортозамещения в российской экономике, в частности исследовано понятие импортозамещения и его задачи. Проанализировано развитие российской политики импортозамещения и разработана модельная схема взаимодействия системы управления компанией и политики в области импортозамещения, которая может быть использована в практической деятельности компании.

Список литературы / References

- Мошин А.Ю. *Антикризисное управление предприятиями промышленного комплекса*. М.: Директ-Медиа; 2023. 520 с.
- Ковальский Р.Р., Чарьев Р.Р. Теоретические аспекты импортозамещения: многообразие подходов и противоречия. *Экономическая среда*. 2024;13(2):5–11. <https://doi.org/10.36683/ee242.5-11> Kovalii R.R., Charyev R.R. Theoretical aspects of import substitution: approaches variety and contradictions. *Ekonomicheskaya sreda = Economic Environment*. 2024;13(2):5–11. <https://doi.org/10.36683/ee242.5-11>
- Сухарев О.С. Государственное управление импортозамещением: преодоление ограничений. *Управленец*. 2023;14(1):33–46. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2023-14-1-3> Sukharev O.S. Import substitution policy: Breaking the limits. *Upravlenets = The Manager*. 2023;14(1):33–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2023-14-1-3>
- Баликоев В.З. *Общая экономическая теория*. М.: Инфра-М; 2024. 528 с.
- Алексеев Н.Е. Импортозамещение как институт укрепления национального суверенитета. *Мировая политика*. 2019;(2):43–50. <https://doi.org/10.25136/2409-8671.2019.2.18639> Alekseev N.E. Import substitution as an institution for strengthening national sovereignty. *Mirovaya politika = World Politics*. 2019;(2):43–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.25136/2409-8671.2019.2.18639>
- Станкевич Е.Р., Зайковская А.И. Сущность и содержание политики импортозамещения. В: *Сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. «Наука в современном обществе: закономерности и тенденции развития»*, 27 июня 2021, г. Оренбург. Уфа: OMEGA SCIENCE; 2021. С. 121–127.
- Ельянов А. Глобализация и догоняющее развитие. *Мировая экономика и международные отношения*. 2024;(1):3–17. Elyanov A. Globalization and “catch-up” development. *World Economy and International Relations*. 2024;(1):3–17. (In Russ.)
- Титова О.В., Восканян Н.А. Импортозамещение: понятие, сущность, особенности. *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. 2021;7(57):105–110. <https://doi.org/10.47581/2021/PS-3/IE.7.57.18> Titova O.V., Voskanyan N.A. Import substitution: concept, essence, features. *Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya*. 2021;7(57):105–110. (In Russ.). <https://doi.org/10.47581/2021/PS-3/IE.7.57.18>
- Абдикеев Н.М. Импортозамещение в высокотехнологичных отраслях промышленности в условиях внешних санкций. *Управленческие науки*. 2022;12(3):53–69. <https://doi.org/10.26794/2304-022X-2022-12-3-53-69> Abdikeev N.M. Import Substitution in high-tech industries under external sanctions. *Upravlencheskie nauki = Management Sciences*. 2022;12(3):53–69. (In Russ.). <https://doi.org/10.26794/2304-022X-2022-12-3-53-69>
- Прасолов В.И. Проблемы экономики России в условиях санкционных ограничений и импортозамещения. *Вестник евразийской науки*. 2024;16(s4):1–10. Режим доступа: <https://esj.today/PDF/13FAVN424.pdf> Prasolov V.I. Problems of the Russian economy in the context of sanctions restrictions and import substitution. *The Eurasian Scientific Journal*. 2024;16(s4):1–10. Available at: <https://esj.today/PDF/13FAVN424.pdf>

Информация об авторах

Елена Юрьевна Сидорова – д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры финансов и кредита экономического факультета Российского университета дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; профессор кафедры налогов и налогового администрирования, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 125993, Москва, Ленинградский просп., д. 55, Российская Федерация; e-mail: ejsidorova@yandex.ru

Денис Павлович Завражин – аспирант кафедры промышленного менеджмента, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1, Российская Федерация

Information about the authors

Elena Yu. Sidorova – Dr.Sci.(Econ.), Professor, Professor of Department of Finance and Credit of the Faculty of Economics, RUDN University, 6 Miklukho-Maklaya Str., Moscow, 117198, Russian Federation; Professor of Department of Taxes and Tax Administration, Financial University under the Government of the Russian Federation, 55 Leningradsky Ave., Moscow 125993, Russian Federation; e-mail: ejsidorova@yandex.ru

Denis P. Zavrazhin – Postgraduate Student, Department of Industrial Management, National University of Science and Technology “MISIS”, 4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation

Вклад авторов

Елена Юрьевна Сидорова – научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; написание черновика рукописи; итоговые выводы.

Денис Павлович Завражин – написание черновика рукописи; сбор и анализ материала; подготовка, анализ и разработка таблиц и сводов исследования; доработка текста; итоговые выводы.

Contribution of the authors

Elena Yu. Sidorova – scientific leadership; research concept; methodology development; original draft preparation; final conclusions.

Denis P. Zavrazhin – original draft preparation; collection and analysis of material; preparation, analysis and development of tables and research codes; revision of the text; final conclusions.

Поступила в редакцию **06.08.2024**; поступила после доработки **22.11.2024**; принята к публикации **27.11.2024**

Received **06.08.2024**; Revised **22.11.2024**; Accepted **27.11.2024**

<https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1356>

Конфликт инноваторов и адаптеров в бизнес-процессах исследований и разработок на предприятии: социофизический подход к разрешению противоречий

Е.В. Орлова  

Уфимский университет науки и технологий,
450076, Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32, Российская Федерация
 ekorl@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению социального конфликта двух групп работников предприятия в процессе разработки и внедрения инноваций – инноваторов и адаптеров. Целью исследования является обоснование возможности и потенциальных эффектов применения нового подхода, основанного на социофизических аналогиях, для моделирования и управления конфликтами в бизнес-процессах исследований и разработок на предприятии. Предложена методология, основанная на современной постнеклассической парадигме, формирующейся на принципах глобального эволюционизма, междисциплинарности, открытости и нелинейности; социофизическом подходе к изучению конфликта; историческом методе исследования социальных явлений во времени и определением связи прошлого, настоящего и будущего; критико-диалектическом методе анализа противоречий социальных групп как источника изменений; методах системного анализа конфликта как сложного саморазвивающегося во времени процесса и системного синтеза для разрешения социальных противоречий в процессе исследований и разработок на предприятии. Предложен метод разделения работников на две группы в зависимости от их отношения к новым идеям, решениям и стилю поведения при решении творческих задач, – на инноваторов и адаптеров. Считается, что в проектные команды при разработке и внедрении инноваций должны входить работники обоих типов. Вместе с тем нахождение работников в одной команде с антагонистическими позициями может приводить к конфликтным ситуациям. Обосновано, что для моделирования и управления такими социальными конфликтами могут быть применимы методы социофизики, обеспечивающие представление конфликта как изменение поведенческих реакций и направленные на обеспечение сплоченности участников групп и их деполяризации. Значимость проведенного исследования состоит в представлении возможности анализировать противоречия интересов участников в процессе их взаимодействия при реализации задач разработки и внедрения инноваций на основе социофизического подхода. Разработанная методология учитывает выявленные особенности процессов исследований и разработок, сложные внутригрупповые и межгрупповые связи конфликтующих групп, позволяет выработать требования к моделированию процессов конфликтного взаимодействия и прогнозированию сценариев его развития.

Ключевые слова: социальный конфликт, социофизический подход, исследования и разработки (R&D), разработка инноваций

Для цитирования: Орлова Е.В. Конфликт инноваторов и адаптеров в бизнес-процессах исследований и разработок на предприятии: социофизический подход к разрешению противоречий. *Экономика промышленности*. 2024;17(4):465–475. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1356>

The conflict of innovators and adaptors in the business processes of research and development in a company: the socio-physical approach to resolving contradictions

E.V. Orlova  

Ufa University of Science and Technology,
32 Zaki Validi Str., Ufa 450076, Russian Federation
 ekorl@mail.ru

Abstract. The article is devoted to studying a social conflict between two groups of employees of a company during the process of development and implementation of innovation – the innovators and the adaptors. The purpose of the study is to justify the opportunity and the potential effects of applying the new approach based on socio-physical analogies to model and manage the conflicts in research and development process in a company. The author suggests a methodology based on contemporary post-non-classical paradigm formed on the principles of global evolutionism, interdisciplinarity, openness and non-linearity; on socio-physical approach to assessing the conflict; on the historical method of studying social phenomena in time and determining the connection between the past, present and future; on critical-dialectical method of analyzing the contradictions between social groups as the source of transformation; on the systematic analysis of the conflict as a complex self-developing in time process and the systematic synthesis for resolving social contractions in the research and development process in a company. The author introduces a method for classifying employees into two groups depending on their attitude to new ideas, solutions and way of behavior in solving creative tasks – the innovators and the adaptors. It is believed that project teams in development and implementation of innovation should consist of employees of both types. However, working in one team with people of antagonistic views can cause conflict situations. It is justified that to model and manage such social conflicts it is possible to apply methods of socio-physics ensuring the representation of conflict as a change in behavioral reactions and aimed at ensuring the cohesion of group members and their depolarization. The significance of the study lies in providing the opportunity to analyze the contradictions of the participants' interests in the process of their interaction in performing the tasks of development and implementation of innovation on the basis of socio-physical approach. The developed methodology takes into account the revealed peculiarities of the research and development process, complex intra-group and intergroup relations of the conflicting groups, allows working out the requirements to modelling the process of the conflict interaction and forecasting its development scenarios.

Keywords: social conflict, socio-physical approach, research and development (R&D), development of innovations

For citation: Orlova E.V. The conflict of innovators and adaptors in the business processes of research and development in a company: the socio-physical approach to resolving contradictions. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2024;17(4):465–475. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1356>

企业研发业务流程中创新者与适应者之间的冲突：解决矛盾的社会物理学方法

E.V. 奥尔洛娃  

乌法科技大学, 450076, 俄罗斯联邦乌法市扎基·瓦利街32号
 ekorl@mail.ru

摘要：文章致力于研究两类企业员工——创新者和适应者之间在创新及实施过程中的社会冲突。研究目的是论证在企业研发业务流程中采用基于社会物理类比的新方法来模拟和管理冲突的可能性和潜在影响。提出了一种后现代非经典范式的方法论，它基于：全球进化论、跨学科、开放性和非线性原则；研究冲突的社会物理方法；研究时间社会现象并确定过去、现在和未来之间联系的历史方法；分析作为变革源泉的社会群体矛盾的批判辩证方法；在企业研发过程中将冲突作为时间上复杂的自我发展过程和系统综合来解决社会矛盾的方法。提出了一种方法，

根据员工在解决创造性任务时对新想法、新方案和新行为方式的态度，将他们分为两组——创新者和适应者。一般认为，开发和实施创新的项目团队应包括这两类员工。同时，如果一个团队中存在立场对立的员工，则可能导致冲突情况。研究证实，为了模拟和管理这类社会冲突，可以采用社会物理学方法，将冲突表述为行为反应的变化，旨在确保团队的凝聚力和去极化。本研究的意义在于，在社会物理学方法的基础上，为分析参与者在执行发展和创新任务的互动过程中的利益矛盾提供了可能性。所开发的方法考虑到了研发过程中已经确定的特征、冲突群体复杂的群体内和群体间关系，可以为建立冲突互动过程模型和预测其发展场景提出要求。

关键词：社会冲突、社会物理学方法、研发（R&D）、创新发展

Введение

Конфликт представляет собой постоянно присутствующий, неподдающийся устранению тип социальных взаимоотношений, в том числе в бизнес-процессах исследований и разработок (R&D) на предприятии. В основе конфликта лежит противоречие между целями и интересами сторон, которое обусловлено дефицитом ресурсов. Конфликты проявляются на уровне сознания (в виде особых настроений и установок) и поведения (в виде конфликтных действий).

Концепция управления конфликтами основана на описании внутренних механизмов образования противоречий и в приведении их в требуемое состояние путем воздействия на поведенческие характеристики конфликтующих сторон. Для описания сущности развития конфликта, прогнозирования вариантов и характера его развития требуется модель, которая обеспечит обоснование рациональной технологии и эффективных способов управления конфликтным процессом.

Целью исследования является обоснование возможности и потенциальных эффектов применения нового подхода, основанного на социологических аналогиях, для моделирования и управления конфликтами в R&D бизнес-процессах предприятия. Задачи исследования:

1. Провести анализ конфликта как многогранного системного явления и способа взаимодействия социальных групп, раскрыть его существенные свойства и особенности поведения участников конфликта в R&D бизнес-процессах.

2. Содержательно раскрыть диалектическое противоречие, возникающее в бизнес-процессах исследований и разработок между необходимостью включения в проектные группы участников разных типов поведения и объективным существованием между такими участниками антагонистических позиций по отношению к подходам, методам и инструментам решения творческих задач и приводящее к возникновению социального конфликта в R&D бизнес-процессах предприятия.

3. Провести обзор известных моделей социальных конфликтов, их структуризацию, идентифицировать сильные и слабые стороны. Обосновать возможности и эффекты их применения для описания конфликтного поведения участников на основе методов социологии.

4. Предложить методологию исследования социального конфликта в R&D бизнес-процессах предприятия на основе социологического подхода, специфических принципов и группы специальных методов.

Конфликт как системное явление и поведенческие стили в конфликте

Сложная система социальных отношений предприятия определяет возможность возникновения противоречий, связанных с разнонаправленными целями, идеями, взглядами. В процессе решения проблемы, имеющей для разных сторон социальных взаимодействий деловую или личную значимость, эти противоречия могут резко обостриться, вызывая конфликт. В этом смысле конфликт как острый способ разрешения противоречий определяет развитие любой системы, с помощью которого могут появляться новые идеи, ценности, открытия, организационные (экономические, личностные) изменения. Столкновение противоречивых интересов помогает прийти к новому в разнообразных сферах и масштабах проявления. Существуют характеристики, свойства конфликта как системного явления [1]:

1. Конфликт представляет собой атрибут систем разной природы – физической, химической, биологической, социальной, экономической, и выступает катализатором процессов изменения в этих системах.

2. Являясь фактором самоорганизации систем, конфликт обуславливает процессы их нелинейной динамики. Прежние устойчивые состояния систем нарушаются в условиях конфликта, и путем качественных переходов, бифуркаций, системы способны найти новые устойчивые состояния либо на основе развития хаотической

динамики перейти в неуправляемые режимы и в конечном итоге – погибнуть.

3. Как динамический процесс (явление) конфликт, а также его состояния, в определенный момент времени не включают прогнозные значения его будущих состояний, поэтому описание конфликта только на основе ретроспективной информации не является плодотворным.

4. Как способ совместного функционирования разных систем (или подсистем) конфликт порождает ресурсно-коммуникативные противоречия, которые могут быть разрешены посредством кризиса или без него, что впоследствии, возможно, приведет к новым противоречиям.

Тактические способы поведения в конфликте в соответствии с методикой и тестом Томаса–Килманна включают два базовых стиля поведения человека в конфликте (предрасположенность к конфликтному поведению) – соперничество (конкуренция) и приспособление, и три производные стиля регулирования конфликта – уклонение, компромисс и сотрудничество. Выделяют два поведенческих (творческих) типа индивидов в зависимости от склонности к инновациям – инноваторы и адаптеры. Каждый стиль поведения инноваторов и адаптеров идентифицируется по уровню внимания к собственным интересам и к интересам оппонента в ходе конфликта (рис. 1).

Такая двумерная модель регулирования конфликта основана на идее, что участники конфликтного взаимодействия должны не стремиться избежать конфликта, а грамотно им управлять.

Типы участников социального конфликта в бизнес-процессах исследований и разработок

Разработка и внедрение инноваций становится важнейшим условием развития экономики предприятий и организаций. Необходимым свойством инновационности является открытость к внешней среде и новым знаниям [2; 3]. В процессах разработки инноваций требуется не только тщательное изучение структур социаль-

ных систем, существующих в них норм, правил, а также моделей управления и принятия решений, но и проектирование организационных изменений, которые необходимы в социальных системах как ответ на внедрение инноваций.

Существует множество типологий и классификаций субъектов инновационной деятельности, учитывающих степень вовлеченности в процесс разработки инновационных решений, глубину участия в инновационных процессах, индивидуальные особенности принятия инноваций, участие в жизненном цикле.

В работе [4] предложена «адаптационно-инновационная теория», в которой субъектов инновационного процесса делят на группы, исходя из их личного расположения к принятию новых идей и новых решений, обуславливающих их стиль мышления при постановке и решении творческих задач.

Различают два поведенческих (творческих) типа работников в зависимости от их склонности к инновациям – инноваторы и адаптеры. Ценность такой дифференциации поведенческих типов в зависимости от сложности и типа решаемых задач состоит в том, что она позволяет сформировать сбалансированные проектные команды (группы) с учетом следующих особенностей поведенческих стилей:

1) участники проектной команды, имеющие адаптивный поведенческий стиль (адаптеры), лучше справляются с текущими, оперативными задачами и способствуют сохранению краткосрочной устойчивости предприятия; участники проектной команды, имеющие инновативный стиль (инноваторы) способствуют формированию новых идей, проектов, решений, которые обуславливают стратегическое развитие предприятия;

2) текущие, штатные задачи лучше решают участники – адаптеры; для решения задач с высокой рисковой составляющей или в условиях кризисов наиболее эффективны участники – инноваторы;

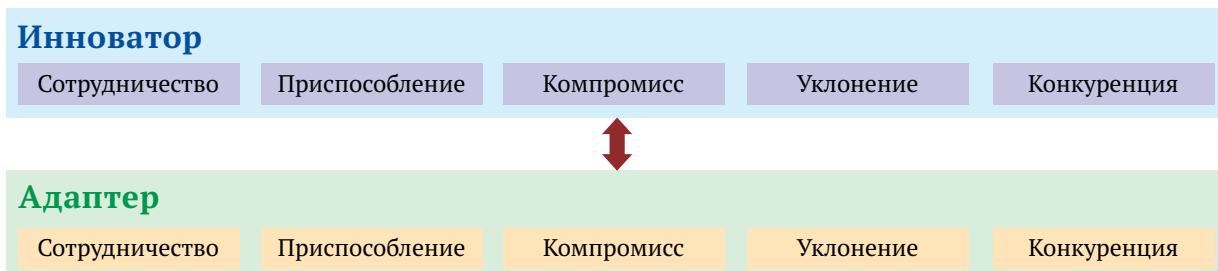


Рис. 1 Тактические способы поведения в конфликте инноваторов и адаптеров

Fig. 1. Tactical methods of behavior in the conflict of innovators and adapters

3) участники-адаптеры всегда формируют решения проблемной ситуации, которые адекватны внешним условиям и факторам, а также приемлемы с позиции разных критериев эффективности; участники-инноваторы могут предложить решения, которые не всегда очевидны, релевантны текущим условиям и напрямую могут не давать желаемых эффектов в краткосрочной перспективе;

4) участники с разным инновативным стилем мышления при решении проблем по-разному используют доступную информацию. Получив новые данные, адаптеры внедряют их в существующие структуры данных или имеющийся контекст решаемой проблемы. Инноваторы извлекают из новых данных знания, на основании которых осуществляют изменение существующей структуры информации, формируют новые парадигмы.

Перечисленные особенности различных инновативных стилей участников инновационного процесса определяют и различия взаимного восприятия друг друга. Инноваторы характеризуют адаптеров как работников, которые не склонны идти на риск, они не гибкие конформисты, а их поведение легко вычислить (спрогнозировать). Адаптеры характеризуют инноваторов как рискованных, раздражающих и непрактичных «бунтарей», готовых сломить любые тренды. Наличие участников с разнообразными поведенческими стилями требует адекватного разнообразия типов взаимоотношения в проектной команде. Принятие участниками разнообразия стилей мышления друг друга формирует базис для повышения эффективности решения нестандартных проектных задач.

Работник-адаптер, оказавшись в проектной команде, участники которой преимущественно являются инноваторами, может в целях адаптации копировать поведенческий стиль большинства участников, однако в краткосрочной перспективе изменение его поведенческого стиля невозможно. Поэтому присутствие в одной проектной группе работников с антагонистическими поведенческими стилями может спровоцировать не только психологический дискомфорт, но и привести к конфликтным ситуациям, а как следствие этого – к снижению продуктивности работников.

Одновременно для эффективной работы над инновационным проектом необходимо участие в нем работников обоих поведенческих стилей – инноваторов и адаптеров. Чем более однородна команда с точки зрения творческих стилей, тем меньше вероятность возникновения конфликта между ее членами. Вместе с тем разнообразие

разрешения проектных задач требует формирования более разнородной по своему поведенческому профилю проектной группы, что в свою очередь повышает вероятность конфликтных ситуаций и увеличивает сложность управления такой группой.

Разнообразие поведенческих стилей усиливает сложность взаимоотношений между членами команды. Понимание и принятие участниками проекта всех преимуществ такого разнообразия повышает эффективность управления конфликтами, а следовательно, способствует росту эффективности решения не только оперативных и рутинных задач, но и нестандартных, стратегических проблем.

Возникает диалектическое противоречие, состоящее в том, что, с одной стороны, для решения сложных задач инновационного развития предприятия требуется наличие проектных команд, в которые должны входить работники как с инновативным, так и с адаптивным типом, а, с другой стороны, присутствие таких работников в одной команде неизбежно порождает конфликтные ситуации ввиду антагонистических позиций по отношению к подходам, методам и инструментам решения задач, которое требует своего разрешения.

Модели описания социальных конфликтов

Моделирование социальных процессов и динамики общественного развития реализуется в научных трудах по следующим условным направлениям:

1) модели исторических (социально-экономических) процессов, в которых моделируется конкурирующая динамика альтернативных типов социальной активности; здесь моделируется структура общества, доля определенной социальной категории и ее изменение во времени;

2) модели, описывающие поведенческие состояния членов социальных групп, которые находятся во взаимодействии с другими группами, а их поведение определяется сплоченностью внутри группы и степенью деполаризации групп.

К *первой группе* моделей конкурентных взаимодействий альтернатив в социальной динамике можно отнести социологическую теорию поколений, описывающую поколенческие архетипы и повторяющиеся в ряду поколений модели повеления [5]. Количественное описание исторических процессов и социальной динамики осуществляется в рамках исследовательских программ [6–8]. Для разных задач экономического развития востребованы люди с разными социально-психологическими характеристиками. Это

подтверждает и теория инноваций [9], которая обосновывает, что в развитии и продвижении новых технологий заинтересованы около десяти процентов. Остальные девяносто процентов готовы вкладывать усилия в обеспечение стабильности, сохранившихся взаимосвязей, отказываясь от нового. В работе [10] предложена математическая модель конкурирующей динамики альтернативных типов социальной активности. На основе теории отображений, методов нелинейной динамики и самоорганизации в этой работе исследуется смена поколений и циклы воспроизводства совокупного ресурса.

Моделирование конфликтного поведения в социальных, экономических системах реализуется также на основе теоретико-игрового инструментария. Отметим лишь некоторые из огромного числа приложений теории игр по изучению различного рода конфликтов. Моделирование эволюции поведения в биологических и социальных системах рассматривается в моделях Лотки–Вольтерры [11] представляет собой парадигму для описания конкуренции в популяционной динамике. В рамках игровых моделей рассматриваются вопросы кооперативного поведения в повторяющихся конфликтных ситуациях взаимодействия сторон. Конфликтно-управляемые процессы в области охраны окружающей среды рассматриваются в [12] и описываются динамическими и дифференциальными играми. Моделирование когнитивного диссонанса, хиндсайта как процессов коллективного принятия решений, отражающих психические, поведенческие компоненты деятельности агентов изучается в [13]. Конфликты экономических агентов с противоположными интересами при формировании ценовой политики предприятия исследованы в работах [14; 15].

Вторая группа моделей социальных конфликтов описывает изменение поведения членов социальных групп, которое определяется сплоченностью групп и степенью их деполаризации. Группы, находящиеся в конфликте, различаются своими интересами, идентичностью, ценностями и убеждениями. Представление о способах разрешения конфликтов может дать понимание того, как субъекты конфликта реагируют друг на друга. В работе [16] предложена идея о том, что различные типы конфликтов между двумя акторами можно рассматривать с точки зрения сотрудничества или конкуренции между ними в процессе достижения их целей. Новый взгляд на эту идею были привнесены в работах [17; 18], затем эти идеи были развиты с применением теории и методов динамических систем.

В теории эскалации и деэскалации конфликта [19] используются функции реагирования акторов на действия противоположной стороны. Функции изменяются по мере развития конфликта и его стадий – эскалации, деэскалации, и описывают, как агрессия одного актора зависит от уровня агрессии другого, объясняемая социальными, психологическими особенностями, а также предыдущей динамикой развития конфликта.

В работе [20] моделируется эмоциональное (поведенческое) состояние двух акторов, которые зависят от обратной связи (положительной или отрицательной) от другого актора и силы сопротивления акторов к изменению своего состояния, а также уровня неподверженности акторов к изменению при отсутствии влияния со стороны другого актора. Динамика взаимодействия акторов описывается на основе систем дифференциальных уравнений. Моделирование различных аспектов затяжных социальных конфликтов с использованием методов социофизики представлено в [21; 22]. Модели социофизики, используя физические аналогии не только для прогнозирования, помогают выявить закономерности и траектории сложных социальных систем, обеспечивая возможности для лица, принимающего решения, по разработке стратегии в конкретной ситуации. Было замечено, что большие социальные группы демонстрируют закономерности, несмотря на индивидуальные различия отдельных ее участников.

Методология исследования

Принципы и методы предлагаемой методологии. Процесс научного познания последних двух десятилетий свидетельствует о сближении, конвергенции естественно-научных и социо-гуманитарных знаний, формировании новых подходов, концепций и методологий, объединяющих эти два направления. В эволюционной эпистемологии как теории познания рассматриваются приращения знания как результат биологической эволюции. По К. Попперу [23], процесс познания происходит на основе качественных переходов. Исследованию подвергаются не только сами познавательные процессы человека, но и его поведение в целом, включая нормы, правила, установки. Этот подход не является редукционизмом, в котором нормы, правила, установки, ценности человека и общества связываются с биологическими основами. Эволюционная эпистемология позволила сблизить науки о человеке и науки о природе.

Концепции естествознания расширились за счет использования в них новых гуманитарных категорий, таких как смыслы, ценности. описа-

ние реального мира становится более целостным, так как основывается на моделях, включающих не только объект-объектные, но и субъект-объектные отношения. В. Гейзенберг как исследователь и один из создателей квантовой механики замечал: «...то, что мы наблюдаем, это не сама природа, а природа, которая выступает в том виде, в каком она выявляется благодаря нашему способу постановки вопросов» [24]. Ученые в области квантовой механики показали, что отражение микроскопических систем, основанных только на объективных компонентах познания, не верно.

Автором статьи предлагается методология исследования, опирающаяся на постнеклассическую парадигму описания научной картины мира, основными *принципами* которой являются:

- открытость; социальная система открыта, так как она обменивается с внешней средой веществом, энергией, информацией;

- нелинейность, т.е. наличие спектра различных вариантов развития; такая многовариантность сочетается с вероятностным, а также ритмичным (волновым) характером функционирования социальных процессов и систем. Существуют различные режимы функционирования и развития систем – линейный и нелинейный. Линейный режим характеризуется установленными закономерностями, на основании которых

можно выполнить прогнозирование будущего состояния системы. Нелинейный режим предполагает наличие критических состояний, точек бифуркации, проходя через которые развитие системы меняется качественным образом. Прогнозирование будущих состояний системы в таких режимах возможно только на основе вероятностных предположений;

- когерентность, под которой понимается процесс согласования функционирования социальных подсистем, часто имеющих противоположные интересы и цели;

- междисциплинарность, в рамках которой явления и социальные процессы рассматриваются на основе разных научных дисциплин. Междисциплинарность позволяет рассматривать процессы организации и самоорганизации физических и социальных систем в их всеобщей связи и развитии. Теоретическим базисом теории самоорганизации являются теории согласованных процессов Г. Хакена [25] и неравновесная термодинамика И. Пригожина [26]. В рамках самоорганизации процесс развития сложной системы реализуется по динамической траектории, имеющей детерминированный или хаотический характер, а переход к качественно новому состоянию реализуется посредством скачкообразных переходов (бифуркаций);

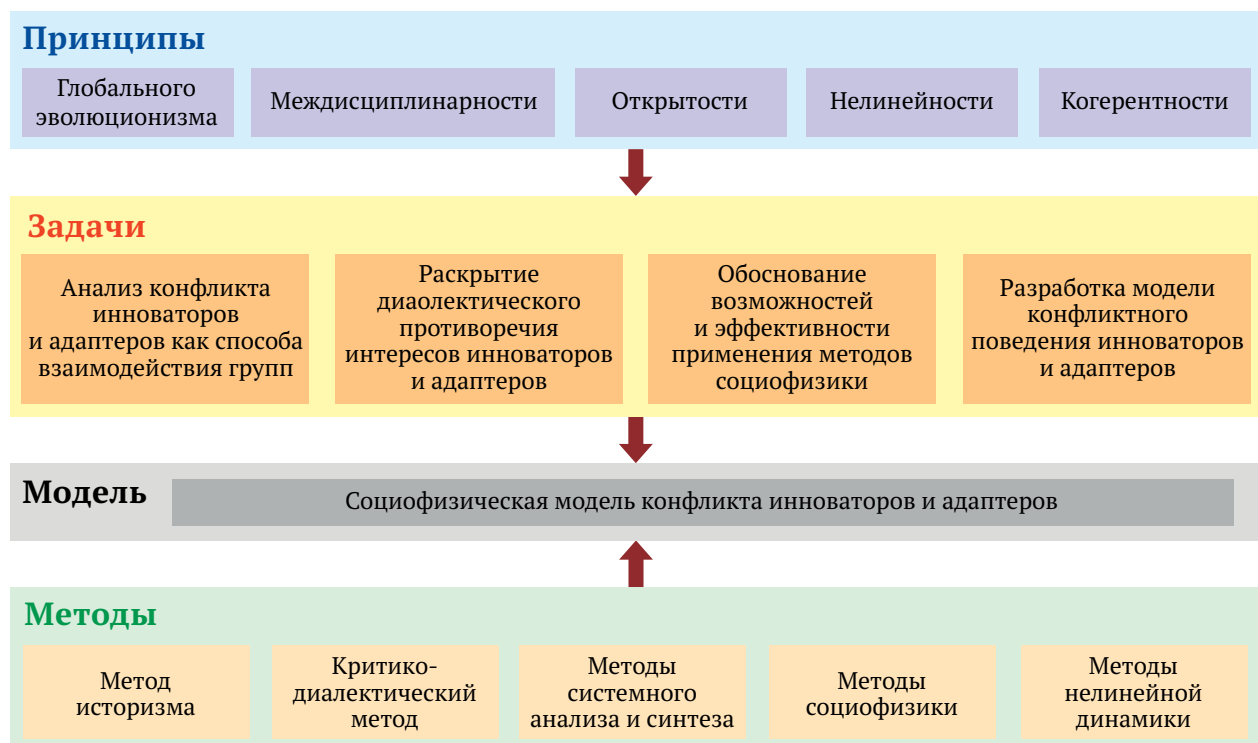


Рис. 2. Методология исследования

Fig. 2 Research methodology

– эволюционизм; определяет движущие силы, механизмы и закономерности эволюции систем с учетом разнообразных форм самоорганизации (природной, живой, социальной форм). Развитие сложных социальных систем связано с эмерджентностью, т.е. с появлением у системы новых свойств и качеств.

Методология исследования базируется на социофизическом подходе для изучения социальных конфликтов и их моделирования с помощью критико-диалектического метода анализа противоречий социальных групп как источника изменений, исторического метода исследования социальных явлений во времени с определением связи прошлого, настоящего и будущего, метода системного анализа конфликта как сложного саморазвивающегося во времени процесса и метода системного синтеза разрешения социальных противоречий в процессе разработки и внедрения инноваций на предприятии (рис. 2).

Особенностью предлагаемого методологического подхода к исследованию социального конфликта и его динамики является то, что он исследует процесс как с позиции изменения состояний, так и с позиции изменения отношения к характеру развития конфликта со стороны его участников и трансформации из конфликтного взаимодействия. Конфликт представляется как системный процесс пересмотра и изменения поведенческих стилей участников конфликтных групп, происходящий под влиянием различных факторов. Формальное представление этой трансформации реализуется на основе социо-динамической модели, позволяющей описать динамику конфликта и локализовать задачи его управления. В такой постановке управление конфликтом на предприятии в процессе исследований и разработок сводится к управлению параметрами взаимоотношений конфликтующих групп.

Описание социофизической модели конфликта. В рамках данного исследования рассматривается конфликт между двумя группами. Первая группа представляет инноваторов в широком смысле, вторая группа – адаптеров (исполнителей) уже созданных инноваций. Суть конфликта состоит в разрешении разнонаправленных интересов участников двух групп. Моделируются поведенческие реакции участников двух конфликтных групп. Каждый участник имеет свое индивидуальное отношение к способам разрешения конфликта или тактику поведения в конфликте. Эта дискретная переменная может изменяться для участников групп от некоторого минимального значения, которое характеризует поведенческий стиль взаимодействия, связанного с сотрудничеством, ко-

операцией, открытостью к ведению переговоров, до некоторого максимального значения, определяющего стратегию взаимодействия в виде соперничества, жесткой конкуренции, приверженности к затягиванию конфликта. Если значение индивидуального отношения равно нулю, это демонстрирует приверженность участника группы найти решение (компромисс) конфликта. Такое индивидуальное отношение к выбору способа разрешения конфликта будем называть вовлеченностью в конфликт, или predisposedness к конфликтному поведению.

Участники взаимодействуют друг с другом во времени как внутри своей группы, так и с участниками других групп. Каждый участник внутри своей группы стремится убедить других в принятии своей точки зрения, а также подвержен аналогичным усилиям других участников. Различают интенсивности внутригрупповых взаимодействий. На участников группы оказывают влияние позиции участников другой группы. Различают также интенсивности межгрупповых взаимодействий участников групп.

В процессе взаимодействия участники учитывают мнения участников противоположной группы, при этом можно оценить среднее значение вовлеченности участников в каждый момент времени. Для участников группы будем различать индивидуальную внутригрупповую интенсивность продвижения своей позиции, которая определяется произведением индивидуального, среднегруппового отношения участников к способу разрешения конфликта и внутригрупповой интенсивности взаимодействий. Аналогично при взаимодействии с членами другой группы при рассмотрении участником позиции противоположной группы межгрупповая интенсивность взаимодействия члена группы пропорциональна его собственному предпочтению, среднему предпочтению членов противоположной группы и межгрупповой интенсивности взаимодействия групп.

Для моделирования взаимодействия участников групп формируется модель на основе теории парамагнетизма П. Ланжевена и Л. Бриллюэна [27] для оценки склонности (предпочтительности) и уровня вовлеченности участников определенной группы к способу разрешения конфликта (от крайней конкуренции до тесного сотрудничества). Проводя имитационные эксперименты и варьируя значениями параметров внутригрупповых и межгрупповых взаимодействий, можно выявить области сходимости поведенческих траекторий групп конфликта, а значит, установить диапазоны изменения этих параметров, обеспечивающих разрешение противоречий участников конфликта.

Заключение

Конфликт представляет собой многогранное системное явление и способ взаимодействия социальных групп, обладающий свойствами раскрыть его существенные свойства и особенности поведения участников конфликта в бизнес-процессах исследований и разработок. Содержательно раскрыто противоречие, возникающее в бизнес-процессах исследований и разработок, между необходимостью включения в проектные группы участников разных стилей поведения и объективным существованием между такими участниками антагонистических позиций по отношению к подходам, методам и инструментам решения творческих задач и приводящее к возникновению социального конфликта.

Показано, что в отличие от конфликтов в природных, биологических системах социальные конфликты и их развитие напрямую зависят от целенаправленных действий субъектов конфликта. Социальными конфликтами можно управлять, изменяя цели и критерии для этих субъектов, а также настраивая систему их мотивации. Устойчивость социальных систем характеризуется не отсутствием конфликтов в них, а возможностью управляемого воздействия на них.

Предложена методология исследования социального конфликта в процессе исследований и разработок, основанная на постнеклассической парадигме, принципах открытости, нелинейности, междисциплинарности и эволюционизма, социофизическом подходе для изучения социальных конфликтов и их моделировании. В методологии используется критико-диалектический метод анализа противоречий социальных групп, исторический метод исследования социальных явлений во времени, методы системного анализа конфликта как сложного саморазвивающегося во времени процесса и системного синтеза для разрешения противоречий субъектов

в процессе разработки и внедрения инноваций на предприятии.

Продемонстрировано, что описание двухгруппового конфликта участников инновационного процесса с применением методов социологии позволяет получить новый взгляд на динамику их конфликтного поведения. Предложена постановка задачи взаимодействия инноваторов и адаптеров, описывающая динамику их конфликтного поведения в виде изменения поведенческих стилей участников групп по отношению к способам разрешения конфликта. Участники каждой группы взаимодействуют друг с другом внутри своей группы и между группами, под влиянием чего формируется склонность (предпочтительность) участников группы к способу разрешения конфликта (от крайней конкуренции до тесного сотрудничества).

Социофизический подход при конструировании модели конфликтного поведения может использоваться для разработки сценарных прогнозов. Это позволит оценить возможные направления развития конфликта, его результаты, и на этой основе сформировать управленческие решения, способствующие максимальному сглаживанию конфликтных ситуаций и способствовать ускоренной генерации инноваций.

Отметим, что модели социологии обеспечивают описание поведения участников конфликта на макроскопическом уровне, на котором сохраняются усредненные аспекты социальных групп. Индивидуальное поведение людей при агрегировании их в группы размывается. Поэтому для анализа такого индивидуального поведения участников социальных групп, в том числе, участвующих в конфликте, требуются модели другого класса, описывающие причинно-следственные, структурные, функциональные связи индивидуальных факторов человеческого капитала и инновационности личности [28–30].

Список литературы / References

1. Баркалов С.А., Новиков Д.А., Новосельцев В.И., Половинкина А.И., Шпилов В.Н. *Модели управления конфликтами и рисками*. Воронеж: Научная книга; 2008. 497 с.
2. Квинт В.Л., Хворостяная А.С., Сасаев Н.И. Авангардные технологии в процессе стратегирования. *Экономика и управление*. 2020;26(11):1170–1179. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2020-11-1170-1179>
Kvint V.L., Khvorostyanaya A.S., Sasaev N.I. Advanced technologies in strategizing. *Economics and Management*. 2020;26(11):1170–1179. (In Russ.).
3. Гринев С.А., Квинт В.Л. Формирование стратегических приоритетов промышленного развития РФ как инновационный фактор преодоления кризисных периодов. *Экономика промышленности*. 2023;16(3):275–283. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-3-275-283>
Grinev S.A., Kvint V.L. Formation of strategic priorities of industrial development of the Russian Federation as an innovative factor in overcoming crisis periods. *Russian Journal of Industrial Eco-*

- nomics. 2023;16(3):275–283. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-3-275-283>
4. Kirton M.J. Adaptors and innovators: a description and measure. *Journal of Applied Psychology*. 1976;61(5):622–629. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.61.5.622>
5. Strauss B., Strauss W., Howe N. The history of America's future, 1584 to 2069. New York: Morrow; 1991. 538 p.
6. Капица С.П., Курдюмов С.П. Малинецкий Г.Г. *Синергетика и прогнозы будущего*. М.: УРСС; 2003. 283 с.
7. Бадалян Л.Г., Криворотов В.Ф. *История. Кризисы. Перспективы: Новый взгляд на прошлое и будущее*. М.: URSS; 2019. 288 с.
8. Гумилев Л.Н. *Этногенез и биосфера земли*. М.: АйрисПресс; 2016. 558 с.
9. Schumpeter J. *Capitalism, socialism and democracy*. New York : Harper & Row; 1975. 431 p.
10. Колесников А.В., Малинецкий Г.Г., Подлазов А.В., Сиренко С.Н. Нелинейная модель смены поколений элиты. *Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика*. 2022;(4(30)):456–479. <https://doi.org/10.18500/0869-6632-2022-30-4-456-479>
Kolesnikov A.V., Malinetskii G.G., Podlazov A.V., Sirenko S.N. Nonlinear elite generation change model. *Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics*. 2022;(4(30)):456–479. (In Russ.). <https://doi.org/10.18500/0869-6632-2022-30-4-456-479>
11. Kaniadakis G. Novel predator-prey model admitting exact analytical solution. *Physical Review E*. 2022;106:044401. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.02457>
12. Petrosyan L.A., Yeung D.W.K. Cooperative dynamic games with durable controls: Theory and application. *Dynamic Games and Applications*. 2020;(10(4)):872–896. <https://doi.org/10.1007/s13235-019-00336-w>
13. Новиков Д.А. Модели динамики психических и поведенческих компонент деятельности в коллективном принятии решений. *Управление большими системами: сборник трудов*. 2020;(85):206–237. <https://doi.org/10.25728/ubs.2020.85.9>
Novikov D.A. Models of the dynamics of mental and behavioral components of activity in collective decision-making. *Control of large systems: collection of works*. 2020;(85):206–237. (In Russ.). <https://doi.org/10.25728/ubs.2020.85.9>
14. Орлова Е.В. Модель согласования экономических интересов дуополистов при формировании ценовой политики. *Компьютерные исследования и моделирование*. 2015;(6(7)):1309–1329. <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2015-7-6-1309-1329>
Orlova E.V. Model for economic interests agreement in duopoly's making price decisions. *Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie = Computer Research and Modeling*. 2015;(6(7)):1309–1329. (In Russ.). <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2015-7-6-1309-1329>
15. Orlova E.V. Control over chaotic price dynamics in a price competition model. *Automation and Remote Control*. 2017;(1(78)):16–28. <https://doi.org/10.1134/S0005117917010027>
16. Deutsch M., Coleman P.T., Marcus E.C. *The Handbook of Conflict Resolution: Theory and Practice*. San Francisco: John Wiley & Sons; 2006.
17. Vallacher R.R., Nowak A. Dynamical social psychology: finding order in the flow of human experience. In A.W. Kruglanski, E.T. Higgins (Eds.), *Social Psychology: Handbook of Basic Principles*. New York: Guilford Publications; 2005.
18. Vallacher R.R., Coleman P.T., Nowak A., Bui-Wrzosinska L. Dynamical foundations of intractable conflict: Introduction to the special issue. *Peace and Conflict: Journal of Peace Psychology*. 2010;16(2):113–125. <https://doi.org/10.1080/10781911003691294>
19. Boulding K.E. *Conflict and Defense*. New York: Harper; 1962.
20. Liebovitch L.S., Vallacher R.R., Michaels J. Dynamics of cooperation-competition interaction models. *Peace and conflict. Journal of Peace Psychology*. 2010;16(2):175–188. <https://doi.org/10.1080/10781911003691625>
21. Kaufman M., Kaufman S., Diep H.T. Social depolarization: Blume-Capel model. *Physics*. 2024;6(1):138–147. <https://doi.org/10.3390/physics6010010>
22. Mueller G.P. Getting order out of chaos: A mathematical model of political conflict. *Russian Sociological Review*. 2017;16(4):37–52 <https://doi.org/10.17323/1728-192X-2017-4-37-52>
23. Поппер К. *Логика научного исследования*. М.: АТС; Астрель; 2010. 565 с.
24. Гейзенберг В. *Физика и философия. Часть и целое*. М.: Наука; 1989. 400 с.
25. Хакен Г. *Синергетика: Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах*. М.: Мир; 1985.
26. Пригожин И., Стенгерс И. *Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой*. М.: Прогресс; 1986. 432 с.
27. Кастлер А. Жизнь и творчество Леона Бриллюэна. *Успехи физических наук*. 1972;106:101–118. <https://doi.org/10.3367/UFNr.0106.197201d.0101>
Kastler A. Life and work of Leon Brillouin. *Physics-Uspekhi = Advances in Physical Sciences*. 1972;106:101–118. (In Russ.). <https://doi.org/10.3367/UFNr.0106.197201d.0101>
28. Орлова Е.В. Оценка человеческого капитала предприятия и управление им в условиях цифровой трансформации экономики. *Journal of*

Applied Economic Research. 2021;20(4):666–700. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2021.20.4.026>

Orlova E.V. Assessment of the human capital of an enterprise and its management in the context of the digital transformation of the economy. *Journal of Applied Economic Research*. 2021;20(4):666–700. (In Russ.). <https://doi.org/10.15826/vestnik.2021.20.4.026>

29. Orlova E.V. Dynamic regimes for corporate human capital development used reinforcement learning methods. *Mathematics*. 2023;11(18):3916. <https://doi.org/10.3390/math11183916>

30. Orlova E.V. Methodology and statistical modeling of social capital influence on employees' individual innovativeness in a company. *Mathematics*. 2022;10(11):1809. <https://doi.org/10.3390/math10111809>

Информация об авторе

Екатерина Владимировна Орлова – д-р техн. наук, профессор кафедры экономики предпринимательства, Уфимский университет науки и технологий, 450076, Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6535-6727>; e-mail: ekorl@mail.ru

Information about the author

Ekaterina V. Orlova – Dr.Sci. (Eng.), Professor of the Department of Economics of Entrepreneurship, Ufa University of Science and Technology, 32 Zaki Validi Str., Ufa 450076, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6535-6727>; e-mail: ekorl@mail.ru

Поступила в редакцию **06.09.2024**; поступила после доработки **11.11.2024**; принята к публикации **15.11.2024**

Received **06.09.2024**; Revised **11.11.2024**; Accepted **15.11.2024**

Стратегия повышения производительности труда на основе инвестиций в капитал здоровья

А.Ю. Тянь , Н.Р. Кельчевская 

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620062, Екатеринбург, ул. Мира, д. 19, Российская Федерация

✉ tian.alena@urfu.ru

Аннотация. В условиях растущей конкуренции предприятиям необходимо постоянно совершенствовать производственные процессы и искать резервы для дальнейшего развития. Одним из перспективных решений этой проблемы является инвестирование в человеческий капитал работников, в частности, в программы, направленные на укрепление их здоровья. Целью статьи является исследование корпоративных оздоровительных программ как одного из способов инвестирования в капитал здоровья и фактора повышения производительности труда с последующей разработкой рекомендаций по повышению эффективности этих программ. В качестве объектов исследования были выбраны два крупных металлургических предприятия, на информации из годовых отчетов которых был проведен сравнительный анализ содержания корпоративных оздоровительных программ, оценена эффективность инвестиций на основе показателей травматизма, а также проверена гипотеза о влиянии инвестиций в капитал здоровья на производительность труда. Результаты исследования показали, что у рассматриваемых компаний существуют различия в подходах к формированию наполнения корпоративных оздоровительных программ: первое предприятие применяет комплексный подход, охватывающий широкий спектр мероприятий, в то время как второе фокусируется на более индивидуальных решениях для сотрудников. Анализ показателей травматизма выявил, что оба предприятия демонстрируют более высокие стандарты в области безопасности труда по сравнению со средним уровнем в отрасли. Корреляционный анализ подтвердил наличие связи между инвестициями в капитал здоровья и производительностью труда. В заключении были предложены рекомендации для работодателей по оптимизации инвестиций в капитал здоровья сотрудников. Полученные результаты подчеркивают важность корпоративных оздоровительных программ для повышения эффективности деятельности предприятия и указывают на необходимость дальнейших исследований в целях оптимизации этих программ и разработки наиболее действенных методов укрепления здоровья сотрудников в рамках инициатив работодателей.

Ключевые слова: человеческий капитал, капитал здоровья, инвестиции в капитал здоровья, производительность труда, производственное предприятие

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-78-10165, <https://rscf.ru/project/23-78-10165/>

Для цитирования: Тянь А.Ю., Кельчевская Н.Р. Стратегия повышения производительности труда на основе инвестиций в капитал здоровья. *Экономика промышленности*. 2024;17(4):476–486. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1358>

The strategy of improving labour productivity on the basis of investment into health capital

A.Yu. Tian , N.R. Kelchevskaya 

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
19 Mira Str., Ekaterinburg 620062, Russian Federation

✉ tian.alena@urfu.ru

Abstract. In terms of growing competition companies have to constantly improve their production processes and seek for reserves for further development. One of the perspective solutions to this problem is investment in human capital of the staff, and in particular, into

programs aimed at healthcare. The purpose of the article is to study company healthcare programs as one of the means of investment in health capital and a factor of increasing labour productivity and the further development of recommendations on improving the effect of these programs. Two big metallurgical companies were chosen as the objects of the study, and the data from their annual reports was used to carry out the comparative analysis of the content of the companies' healthcare programs, to evaluate the effectiveness of the investment on the basis of injury rates, and to check the hypothesis of the impact of investments in health capital on labor productivity. The results of the study have shown that the companies under consideration differ in the approaches to formulate the content of the companies' healthcare programs: one of the companies applies the complex approach involving a wide range of measures while another one focuses on solutions that are more individual for the employees. The analysis of the injury rates has revealed that both companies demonstrate higher standards in labour safety in comparison with the average industry level. The correlation analysis has proved that there is a dependence of investment in the health capital on the labour productivity. In conclusion the author makes some recommendations for the employers on optimization of investment in the personnel health capital. The results obtained emphasize the significance of the company healthcare programs for increasing the effectiveness of the company performance and point out the importance of further research to optimize these programs and develop more efficient methods of strengthening the employees' health within the employers' initiatives.

Keywords: human capital, health capital, investment in health capital, labour productivity, manufacturing company

Acknowledgements: The research has been carried out at the expense of the Russian Scientific Foundation No. 23-78-10165, <https://rscf.ru/project/23-78-10165/>

For citation: Tian A.Yu., Kelchevskaya N.R. The strategy of improving labour productivity on the basis of investment into health capital. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2024;17(4):476–486. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1358>

通过投资健康资本提高劳动生产率的战略

A.Yu. Tian , N.R. 克里切夫斯卡娅 

以俄罗斯第一任总统叶利钦命名的乌拉尔联邦大学、
620062, 俄罗斯联邦叶卡捷琳堡市和平大街 19号

 tian.alena@urfu.ru

摘要: 在竞争日益激烈的条件下, 企业需要不断改进生产工艺, 为进一步发展寻找后备力量。解决这一问题的可行办法之一是对员工的人力资本进行投资, 特别是投资旨在改善员工健康状况的计划。本文的目的是将企业健康计划作为投资健康资本的方式之一和提高劳动生产率的一个因素进行研究, 随后提出提高这些计划有效性的建议。文章选择了两家大型冶金企业作为研究对象, 利用其年度报告中的信息对企业健康计划的内容进行比较分析, 根据工伤率评估投资的有效性, 并检验健康资本投资对劳动生产率影响的假设。研究结果表明, 被研究的两家公司在形成企业健康计划时采取了不同的方法: 第一家企业采用了一种涵盖广泛活动的综合方法, 而第二家企业则侧重于为员工提供更多个性化解决方案。对工伤率的分析显示, 与行业平均水平相比, 这两家企业的职业安全标准都较高。相关性分析表明: 健康资本投资与劳动生产率之间存在密切的关系。最后, 为雇主提供了优化员工健康资本投资的建议。研究结果凸显了企业健康计划在提高企业绩效方面的重要性, 并表明有必要开展进一步研究, 以优化这些计划, 并在雇主提出的促进员工健康倡议的框架内开发改善员工健康的最有效方法。

关键词: 人力资本、健康资本、健康资本投资、劳动生产率、生产企业

致谢: 本研究由俄罗斯科学基金会23-78-10165资助, <https://rscf.ru/project/23-78-10165/>

Введение

Несмотря на то, что современные условия жизни и трудовой деятельности являются намного более комфортными и безопасными по сравнению с прошлыми десятилетиями, проблема

сохранения и укрепления здоровья остается актуальной и по сей день. Быстро меняющаяся экономическая среда и технологический прогресс делают поиск способов повышения эффективности работы предприятий необходимой задачей

для бизнеса и общества в целом. Данное исследование предлагает рассмотреть инвестиции в проекты, связанные с улучшением здоровья сотрудников компаний, в качестве одного из факторов повышения производительности труда.

Литературный обзор

Историческое развитие теории человеческого капитала началось еще до его первого упоминания в работах И. Фишера (I. Fisher) [1]. К примеру, уже А. Смит (A. Smith) включал в состав капитала «приобретенные и полезные способности всех жителей или членов общества» [цит. по: 2]. Однако этот термин получил широкое распространение в экономике только после его популяризации экономистами Чикагской школы, в частности Г.С. Беккером (G.S. Becker), Дж. Минсером (J. Mincer) и Т.П. Шульцем (T.P. Schultz) [3–5]. Б.Ф. Кикер (B.F. Kiker) систематизировал теоретические концепции человеческого капитала и усовершенствовал методологию его оценки, включая формулы расчета издержек формирования и стоимости человеческого капитала [6]. Дальнейшее развитие теории привело к выделению разных составляющих (или подвигов) человеческого капитала, таких как социальный и культурный капитал, а также образования и здоровья. Выделение последнего в отдельную экономическую категорию произошло в 1972 г. с работы М. Гроссмана (M. Grossman), впервые использовавшего этот термин в своем исследовании [7]. Ученый предлагал рассматривать здоровье в качестве капитала, инвестиции в который позволяют продлевать периоды, когда человек себя хорошо чувствует. Доход, полученный в дополнительное время, в которое индивид себя хорошо чувствует, является отдачей от инвестиций в капитал здоровья. Термин «капитал здоровья» имеет схожий смысл с инвестициями в основной капитал, так как под ним понимают совокупность затрат, направленных на укрепление здоровья в виде приобретения медицинских услуг и других товаров, позволяющих улучшить самочувствие человека (физические упражнения, диета, качественные продукты питания). Впоследствии первоначальная стоимость капитала здоровья увеличивается, а вместе с ним улучшается состояние здоровья (иными словами, можно сказать, что уровень здоровья также «вырос»), что приводит к увеличению первоначальной стоимости. В связи со сложностями вычисления количества «здорового времени», полученного за счет инвестиций в капитал здоровья, эффективность таких вложений чаще всего проверяют по другим экономическим показателям, таким как, например, рост дохода или повышение производительности труда.

Последнее является наиболее предпочтительным, поскольку эта связь может быть логически обоснована с высокой степенью убедительности, ведь когда индивид испытывает дискомфорт, его продуктивность снижается, он чаще отвлекается и допускает большее количество ошибок. Кроме того, некоторые инвестиции в этот тип капитала, такие как вакцинация, массовая очистка водных ресурсов, внедрение системы обязательного медицинского страхования, способны продлевать жизнь индивида на годы, а то и десятки лет, что в свою очередь значительно продлевает период его трудоспособности. Существует также большое количество исследований по данной теме, к примеру, М.А. Коул и Э. Ноймайер (M.A. Cole, E. Neumayer) пришли к выводу, что плохое состояние здоровья, вызванное недоеданием, малярией и болезнями, передающимися через воду негативно влияет на общую факторную производительность в развивающихся регионах. При этом слабое здоровье работника снижает экономическое развитие не только за счет прямого снижения производительности труда, но и за счет влияния на инвестиции в здоровье, туризм и мобильность рабочей силы [8]. Эксперимент по введению многокомпонентной программы укрепления здоровья на рабочем месте в одной многонациональной корпорации показал, что за 12 месяцев в группах, использующих данную программу, снизились факторы риска и количество вынужденных прогулов, а также выросла производительность труда [9]. Дж. Штраус (J. Strauss) в своем исследовании на примере семейных ферм в Сьерра-Леоне доказал, что улучшение качества питания повышает эффективность труда фермеров [10]. Р.Дж. Барро (R.J. Barro) пришел к выводу, что улучшение здоровья способствует экономическому росту в виде роста ВВП за счет повышения производительности труда, в то время как экономический рост способствует дальнейшему улучшению здоровья благодаря улучшению условий жизни и инвестиций в здравоохранение [11]. Анализ, проведенный С. Ноулзом (S. Knowles), показал, что между производительностью труда на душу населения и капиталом здоровья (в виде затрат на здоровье) существует более сильная и устойчивая связь, чем между производительностью труда и капиталом образования [12].

Методы исследования

Для проведения анализа были выбраны два крупных производственных сталелитейных предприятия: ПАО «Северсталь» (Россия) и *Gerdau* (Бразилия). Данный выбор обусловлен тем, что обе компании являются ведущими игроками в металлургической отрасли, работа в которых

сопряжена с существенными рисками для здоровья наемного персонала. В связи с этим управление персоналом и забота о здоровье сотрудников для данных компаний являются необходимыми условиями для продолжения ведения деятельности. ПАО «Северсталь» – одна из крупнейших российских сталелитейных компаний – известна своими передовыми практиками в сфере охраны труда и здоровья. Компания *Gerdau*, в свою очередь, представляет опыт крупного международного производителя стали, уделяющего особое внимание вопросам благополучия персонала.

Анализ проводился в три этапа с использованием методов сравнительного анализа, логического обоснования, а также статистических методов в виде одномерного анализа динамических рядов и корреляционного анализа. На первом этапе изучено, а после чего сопоставлено наполнение корпоративных оздоровительных программ для сотрудников, действующих на рассматриваемых объектах, и логически обосновано влияние инвестиций в капитал здоровья в виде разных направлений корпоративных программ на эффективность деятельности предприятия, выражающейся в производительности труда. На втором этапе замерен уровень травматизма на обоих предприятиях за период с 2011 по 2023 г. и сопоставлен со средним уровнем значения показателя участников Всемирной организации стали. На третьем этапе проанализирован показатель производительности труда этих компаний за сопоставимый временной период и рассчитаны коэффициенты корреляции между показателями травматизма и производи-

тельности труда. Данные для проведения исследования были взяты из бухгалтерской отчетности, годовых отчетов и отчетов по социальному развитию рассматриваемых организаций.

Сопоставительный обзор корпоративных оздоровительных программ

Широко распространено мнение, что ответственность за собственное здоровье целиком и полностью является зоной ответственности самих сотрудников, в то время как компании ориентированы исключительно на прибыль. Однако не все индивиды обладают способностью оптимально распределять ресурсы для восстановления и поддержания своего здоровья. Кроме того, достаточно распространена ситуация, когда доходы от работы не покрывают расходов, обусловленных внешней средой (цены на продукты, качество питьевой воды, стоимость аренды жилья и т.д.), что может побудить сотрудников искать другое место работы и даже – место жительства. Иными словами, может произойти отток человеческого капитала из места расположения компании, что особенно негативно скажется на градообразующих предприятиях, набирающих работников из местного населения. Актуальна данная ситуация и для ПАО «Северсталь», поскольку некоторые из его заводов являются градообразующими предприятиями, например, Череповецкий металлургический комбинат в г. Череповце. В табл. 1 более подробно раскрыты негативные последствия для работодателя, обусловленные ухудшением здоровья сотрудников.

Таблица 1 / Table 1

Негативные последствия для предприятия, связанные с ухудшением здоровья сотрудников

Negative consequences for the enterprise associated with deteriorating employee health

Последствие	Влияние на деятельность предприятия
Увеличение числа больничных дней и временных отсутствий сотрудников	Уменьшение периода продуктивного времени, отставание от плановых показателей, а также рост затрат на оплату больничных листов, расходы, связанные с замещением отсутствующих сотрудников
Ухудшение когнитивных навыков (концентрации, внимательности)	Повышение риска допущения ошибок, которые могут привести к браку, поломке оборудования, что снижает производительность труда, кроме того, невнимательность может привести к несчастным случаям на производстве
Травматизм, последствия несчастных случаев на производстве	Рост затрат на компенсации, расследование инцидентов и внедрение мер по их предотвращению, потеря времени на восстановление сотрудников, кроме того, в периоды расследований несчастных случаев возможна остановка работы, что негативно сказывается на производительности труда
Потеря опытных специалистов из-за заболеваний или травм	Расходы на обучение новых сотрудников, рост бракованной продукции / ошибок, обусловленных неопытностью новых работников, как правило, новые сотрудники менее продуктивны по причине неопытности и необработанности навыков
Ухудшение рабочей атмосферы и увеличение конфликтов в коллективе	Развитие депрессивных расстройств и снижение эмоционального благополучия приводит к снижению мотивации, нарушению рабочей дисциплины и усилению конфликтных ситуаций в коллективе, оказывая комплексное отрицательное влияние на общую эффективность трудового процесса

Таким образом, для компании ПАО «Северсталь» обеспечение здоровья сотрудников должно занимать приоритетное место в стратегической повестке. Подобные идеи находят отражение в их годовых отчетах, однако возникает вопрос о реальной реализации этих принципов на практике. Рассмотрим по каким направлениям осуществляется развитие капитала здоровья в ПАО «Северсталь» (табл. 2).

В компании *Gerdau* особое внимание уделяется культуре безопасности, инвестициям в инфраструктуру и средства индивидуальной защиты, а также осведомленности о рискованных действиях и поведении. Безопасность сотрудников стоит на первом месте в списке принципов *Gerdau*. На предприятии внедрена комплексная

система управления, основанная на различных стандартах и практиках, таких как ISRS, OSHAS 18001 и ISO 45001, для обеспечения безопасной рабочей среды, при этом система управления охраной труда и техникой безопасности охватывает всех сотрудников, подрядчиков и других лиц, находящихся на объектах компании, а также сотрудников *Gerdau*, работающих за пределами объектов. Компания предоставляет различные каналы для получения и рассмотрения жалоб, связанных с безопасностью, такие как отчеты о нестандартных действиях и условиях, практика отказа от рискованных заданий, собрания команды и горячая линия по этике. Кроме того, на предприятии осуществляется большое количество корпоративных программ социальной и ме-

Таблица 2 / Table 2

Наполнение корпоративной оздоровительной программы ПАО «Северсталь»

Contents of the corporate health program of PAO Severstal

Направление инвестирования в капитал здоровья	Мероприятия или меры, предпринимаемые предприятием в рамках указанного направления	Воздействие на производительность труда
Повышение доступности медицинских услуг для сотрудников предприятия (в некоторых случаях для членов семей и населения, проживающего вблизи предприятия)	– предоставление полисов ДМС (добровольного медицинского страхования); – организация работы медсанчасти; – организация выездов врачебных бригад для проведения диспансеризации, медицинских осмотров, комплексных проверок состояния здоровья на рабочих местах или в отдаленных пунктах; – предоставление льготных путевок для санаторно-курортного и реабилитационно-восстановительного отдыха сотрудникам и членам их семей	Возможность получить медицинскую помощь в кратчайшие сроки, а также своевременное и полное восстановление здоровья после длительных периодов работы позволит минимизировать риски, дороговизну и период восстановления от болезней или полученных травм, в совокупности все это ведет к сокращению числа вынужденных пропусков, а также удлинению периодов работоспособности сотрудников в долгосрочной перспективе
Популяризация среди сотрудников здорового образа жизни	– информационное обеспечение и популяризация здорового образа жизни; – организация спортивных и культурно-массовых мероприятий; – организация спортивной программы «no limits»	Здоровый образ жизни позволит значительно улучшить здоровье, повысит энергию, снизит тревожность, укрепит командный дух, что положительно скажется на производительности труда
Поддержка развития городской и социальной среды в районах присутствия предприятия	Поддержка финансирования строительства и обслуживания объектов городской и социальной инфраструктуры, включая: – транспортные магистрали; – образовательные заведения; – спортивные объекты; – учреждения культуры; – здравоохранительные учреждения	Развитая инфраструктура улучшает качество жизни и благополучие, включая сотрудников предприятия. Улучшенные дороги и транспорт сокращают время и утомляемость в пути к работе. Качественное образование позволяет сотрудникам повышать квалификацию и готовить будущих работников
Обеспечение комфорта сотрудников на их рабочих местах	– установка и замена кондиционеров; – внедрение системы рациональной организации рабочих мест; – обновление внешнего вида зданий предприятия; – организация пунктов питания для сотрудников; – принятие мер по снижению травматизма на рабочих местах	Обеспечение комфорта на рабочих местах повысит производительность труда за счет удобной мебели, освещения, вентиляции, зон отдыха и чистоты, что улучшит эффективность работы, концентрацию, мотивацию сотрудников и общее самочувствие

Источник: составлено авторами по данным годовых отчетов и отчетов по устойчивому развитию ПАО «Северсталь». Режим доступа: <https://severstal.com/rus/ir/indicators-reporting/#godovye-i-sotsialnye-otcheti>
Source: compiled by the authors based on annual reports and reports on sustainable development of PAO Severstal. Available at: <https://severstal.com/rus/ir/indicators-reporting/#godovye-i-sotsialnye-otcheti>

дицинской направленности, что демонстрирует приверженность *Gerdau* к развитию и поддержке здоровья своих сотрудников. Рассмотрим эти программы (КП) более подробно в табл. 3.

В ходе анализа было выявлено, что каждое из рассмотренных предприятий применяет свои уникальные подходы и стратегии для разработки и наполнения корпоративных оздоровительных программ, что подчеркивает индивидуальность их корпоративной культуры и ценностных ориентиров. Для оценки различий в программах проведем сравнительное сопоставление наполнения этих программ (табл. 4).

По первому пункту (см. табл. 4) ПАО «Северсталь» предлагает более широкий спектр медицинских услуг нежели *Gerdau*, кроме того, компания предоставляет своим сотрудникам доступ к восстановительному отдыху и организует пунк-

ты питания, о чем нет информации в отчетах второй рассматриваемой компании¹. Обе фирмы реализуют спортивные программы и стимулируют сотрудников к поддержанию здорового образа жизни, однако *Gerdau* имеет несколько разных программ эмоциональной поддержки, подобного нет в ПАО «Северсталь». Обе компании осуществляют социальную поддержку, но у российской компании она связана с развитием городской инфраструктуры, тогда как бразильская фирма предлагает более индивидуальные направления. Также ПАО «Северсталь» применяет более широкий спектр мер для обеспечения комфорта на рабочих местах, при этом оба

¹ Gerdau. Annual reports and forms. Режим доступа: <https://ri.gerdau.com/en/corporate-governance/annual-reports-and-forms/> (дата обращения: 08.03.2024).

Таблица 3 / Table 3

Наполнение корпоративной оздоровительной программы *Gerdau*

Contents of the *Gerdau* corporate wellness program

Направление КП	Описание корпоративных программ и проектов, направленных на улучшение здоровья сотрудников	Воздействие на производительность труда
Поддержка эмоционального здоровья	<i>+care</i> – бесплатная круглосуточная поддержка в решении психологических, финансовых, юридических и социальных проблем; <i>Respiro</i> – программа по проведению медитаций и развитию самосознания; <i>Bebê & Cia</i> – программа, оказывающая эмоциональную поддержку сотрудникам, возвращающимся из декретного и отцовского отпуска; <i>Коучинг</i> – программа для лидеров с командами, поддерживающая их в решении личных и командных эмоциональных проблемах	Программы поддержки эмоционального здоровья помогают сотрудникам лучше справляться со стрессом, что позволяет повысить их концентрацию, эффективность принимаемых решений, улучшает процессы коммуникации, а также повышает лояльность работников и снижает текучесть кадров, все это в совокупности положительно влияет на производительность труда персонала
Социальная помощь, предоставление льгот	<i>Reforma que Transforma</i> – проект, направленный на ремонт домов бразильских семей, программа также доступна для сотрудников компании. В рамках политики льгот, доступной с 2021 г., каждый сотрудник может выбрать корзину льгот, которая наилучшим образом соответствует его потребностям, к их числу относятся разные услуги медицинского характера (аптечная, ортопедическая помощь, телемедицина, доступ к стоматологическим услугам, программа по беременности для дородового ухода и многие другие), а также социальные льготы – дополнительная пенсия, пособие на питание, доступ к клубу со скидками на страхование, спортзалы и пр.	Социальная помощь и предоставление льгот сотрудникам со стороны организации могут значительно повысить их производительность труда за счет повышения мотивации, снижения финансового стресса, улучшения здоровья, обеспечения баланса между работой и личной жизнью, привлечения и удержания талантов, а также повышения лояльности сотрудников. Инвестиции в социальную поддержку персонала являются эффективной стратегией создания позитивной рабочей среды и достижения долгосрочного успеха организации
Популяризация ЗОЖ (здорового образа жизни)	<i>Well-Being Seeders</i> – программа, обучающая сотрудников культуре заботы, создавая здоровые и психологически безопасные коллективные пространства, устойчиво и положительно влияя на повседневную жизнь людей	Сотрудники, придерживающиеся ЗОЖ, имеют более высокую производительность труда за счет хорошего физического и психологического состояния

Источник: составлено авторами по данным годовых отчетов *Gerdau*. Режим доступа: <https://ri.gerdau.com/en/corporate-governance/annual-reports-and-forms/>

Source: compiled by the authors based on annual reports of *Gerdau*. Available at: <https://ri.gerdau.com/en/corporate-governance/annual-reports-and-forms/>

предприятия направляют средства на снижение травматизма. Таким образом, исходя из анализа информации, представленной в годовых отчетах, можно заключить, что ПАО «Северсталь» реализует более комплексный и системный подход к оздоровительным программам. Тем не менее следует отметить, что в данных отчетах может быть представлена неполная информация о мерах, направленных на обеспечение сохранности здоровья сотрудников. Кроме того, отсутствует возможность количественной оценки охвата этих программ, что является важным аспектом для полноценного анализа их эффективности.

Анализ статистики травматизма

Одним из явных результатов эффективности инвестирования в капитал здоровья на предприятии является снижение травматизма. По сравнению со многими другими следствиями развития капитала здоровья его намного легче измерить и оценить. Травматизм на предприятии может серьезно снизить производительность по нескольким причинам. Травмы приводят к временной или постоянной неработоспособности сотрудников, что требует времени на поиск и адаптацию новых работников. Во-вторых, постоянный риск травмирования может снизить мотивацию и ухудшить психологическое состояние сотрудников. В-третьих, предприятию приходится нести дополнительные расходы на компенсации, расследования причин несчастных случаев и обучение новых сотрудников. Наконец, частые случаи травмирования могут ухудшить репутацию ком-

пании, что отпугивает потенциальных и квалифицированных сотрудников, дополнительно снижая производительность труда. На **рис. 1** представлены значения показателя частоты травм с потерей рабочего времени (LTIFR, коэффициент безразмерный), который используется для оценки уровня безопасности на производстве.

Согласно приведенным на рис. 1 данным можно отметить, что за 2011–2023 гг. наблюдается общая тенденция к снижению коэффициента LTIFR как для отдельных компаний, так и для Всемирной ассоциации стали в целом, что свидетельствует о повышении уровня безопасности и улучшении условий труда в металлургической отрасли. Компания ПАО «Северсталь» демонстрирует значительное снижение коэффициента травматизма с 1,33 в 2011 г. до 0,49 в 2023 г. Высокие значения показателя в 2016 г. обусловлены взрывом на шахте «Северная». Резкое снижение значений коэффициента в 2019 г. можно объяснить ограничениями на работу, когда действовал режим нерабочих дней, вызванных эпидемией коронавируса. Последующий рост травматизма в 2020 и 2021 гг. обусловлен тем, что предприятие вновь вошло в свой рабочий ритм, тем не менее показатели этих лет все равно ниже показателей доковидных периодов, что говорит об эффективности предпринятых предприятием мер. Компания *Gerdau* также показывает положительную динамику, снизив коэффициент LTIFR с 1,59 в 2011 г. до 0,69 в 2023 г. Высокие значения показателя в 2017 г. могут быть обусловлены печальными инцидентами на заводе в Ору-Бранку

Таблица 4 / Table 4

Сравнительный анализ корпоративных оздоровительных программ

Comparative analysis of corporate wellness programs

Критерий / направление программы	ПАО «Северсталь»	Gerdau
Повышение доступности медицинских услуг	Охватывает широкий спектр услуг	Может входить в состав индивидуальной корпоративной программы
Доступ к рекреации	Предоставляется	Нет информации
Организация питания	Присутствует	Нет информации
Спортивные программы, популяризация ЗОЖ	Есть	Есть
Программы эмоциональной поддержки	Отдельных программ нет, но эмоциональное восстановление возможно через участие в спортивных мероприятиях, доступ к развитой городской инфраструктуре	Широкий комплекс программ
Социальная поддержка	Осуществляется через развитие городской инфраструктуры	Может входить в состав индивидуальной корпоративной программы
Обеспечение комфорта на рабочих местах	Осуществляется широкий спектр мер	Принятие мер по снижению травматизма на рабочих местах

(муниципалитет в Бразилии). Так же как у ПАО «Северсталь», коэффициент травматизма *Gerdau* снизился в ковидный период и вырос после него. Всемирная ассоциация стали также демонстрирует устойчивое снижение с 1,91 в 2011 г. до 0,76 в 2023 г., что свидетельствует о том, что металлургические компании по всему миру уделяют большое внимание вопросам охраны труда и безопасности на производстве. В целом, анализ данных коэффициента LTIFR за 2011–2023 гг. показывает значительный прогресс в области охраны труда и снижения травматизма в металлургической отрасли как на уровне отдельных компаний, так и в мировом масштабе.

Анализ производительности труда

Рассмотрим, как меры комплексной поддержки здоровья отразились на производительности труда организаций (рис. 2).

Производительность труда в данном исследовании была рассчитана двумя способами: в натуральном выражении (10 тыс. т стали на чел.) и в денежном выражении (тыс. долл. США на чел.). Выбор этих показателей обусловлен стремлением получить более полную и разностороннюю оценку эффективности использования трудовых ресурсов в компании, поскольку они обе имеют свои ограничения и могут давать искаженные оценки. Показатель в денежном выра-

жении подвержен влиянию таких факторов, как колебания цен на продукцию компании и изменение спроса на рынке. Эти искажения не свойственны производительности труда, измеренной в натуральном выражении, однако этот показатель не учитывает другие виды продукции, выпускаемые компанией. Кроме того, на показатели производительности труда могут влиять и другие факторы, такие как изменения в технологиях производства, модернизация оборудования, оптимизация бизнес-процессов и организационные преобразования.

На основании представленных данных можно сделать следующие выводы. Производительность труда в ПАО «Северсталь» на протяжении рассматриваемого периода колеблется в диапазоне от 2,1 до 3,1 тыс. т стали на чел., что свидетельствует о стабильной работе предприятия. Тенденция к снижению этого же показателя, только измеренного в денежном выражении, может быть обусловлена валютными колебаниями, ценами на продукцию на рынке, а также экономическими циклами.

В натуральном выражении производительность труда *Gerdau* изменяется в диапазоне от 4,6 до 6,4 тыс. т стали на чел. В период с 2011 по 2018 г. наблюдается повышение показателя с 4,8 до 6,4 т стали на чел, исключением стал только 2013 г., когда показатель снизился на 0,1 т стали на чел.

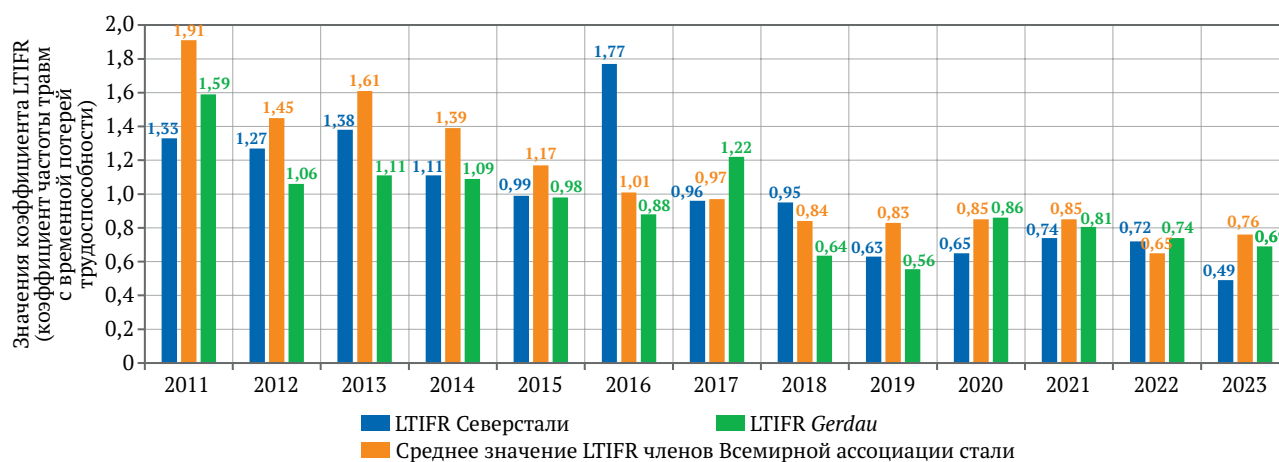


Рис. 1. Динамика коэффициента частоты травматизма на производстве

Источник: составлено авторами по данным годовых отчетов и отчетов по устойчивому развитию ПАО «Северсталь». Режим доступа: <https://severstal.com/rus/ir/indicators-reporting/#godovye-i-sotsialnye-otchety>; Gerdau. Режим доступа: <https://ri.gerdau.com/en/corporate-governance/annual-reports-and-forms/>; Всемирной ассоциации производителей стали. Режим доступа: <https://worldsteel.org/steel-topics/safety-and-health/safety-and-health-in-the-steel-industry-data-reports/>

Fig.1. Dynamics of the injury frequency rate and the number of accidents at work

Source: compiled by the authors based on annual reports and reports on sustainable development of PAO Severstal. Available at: <https://severstal.com/rus/ir/indicators-reporting/#godovye-i-sotsialnye-otchety>; Gerdau. Available at: <https://ri.gerdau.com/en/corporate-governance/annual-reports-and-forms/>; World Steel Association. Available at: <https://worldsteel.org/steel-topics/safety-and-health/safety-and-health-in-the-steel-industry-data-reports/>

по сравнению с предыдущим годом. В 2019 г. произошел резкий спад по производительности труда, показатель снизился на 1,1 тыс. т стали на чел., или на 21 %. Данную ситуацию можно объяснить влиянием пандемии COVID-19. В денежном выражении производительность труда *Gerdau* показывает значительные колебания, что объясняется теми же факторами, что и у российской компании.

Учитывая множественность факторов, оказывающих влияние на производительность труда, установление прямой зависимости между снижением показателя травматизма и повышением эффективности работы сотрудников представляется затруднительным. Тем не менее следует обратить внимание на наличие корреляционной связи между приростами показателей производительности труда, измеренной в натуральном выражении, и приростами коэффициента частоты травм с временной потерей трудоспособности с временным лагом в 2 года. Применение коэффициента ранговой корреляции Спирмена, обусловленное ограниченным количеством значений и присутствием выбросов в выборке, позволило выявить слабую отрицательную корреляционную связь ($-0,2$) для компании ПАО «Северсталь» и среднюю отрицательную корреляционную связь ($-0,4$) для *Gerdau*. Полученные результаты свидетельствуют о наличии обратной

взаимосвязи, иными словами, при снижении коэффициента травматизма, повышается производительность труда сотрудников, однако для формулирования однозначных выводов требуется проведение дальнейших исследований с учетом более широкого спектра факторов и увеличения объема выборки. Тем не менее выявленная корреляционная связь может служить основанием для предположения о потенциальном положительном эффекте снижения травматизма на эффективность работы сотрудников в долгосрочной перспективе.

Рекомендации

На основе анализа годовых отчетностей предприятий были разработаны рекомендации по оптимизации инвестиций в капитал здоровья:

Установление четких целей и показателей эффективности для инвестиций в капитал здоровья, а также система мониторинга и оценка достижения поставленных целей. В их число может входить снижение числа больничных дней и случаев заболевания, скрининг общего уровня самочувствия сотрудников или производительности труда, выполнение дневных норм и планов и пр. Также необходима экономическая эффективность инвестиций в капитал здоровья в виде сравнительного анализа результирующих показателей до и после проведения программ здоровья.



Рис. 2. Динамика показателя производительности труда на предприятии
(данные производительности труда в денежном выражении указаны в ценах 2023 г.)

Источник: составлено авторами по данным годовых отчетов и отчетов по устойчивому развитию ПАО «Северсталь». Режим доступа: <https://severstal.com/rus/ir/indicators-reporting/#godovye-i-sotsialnye-otcheti>; *Gerdau*. Режим доступа: <https://ri.gerdau.com/en/corporate-governance/annual-reports-and-forms/>

Fig. 2. Dynamics of labor productivity at the enterprise
(labor productivity data in monetary terms are given in 2023 prices)

Source: compiled by the authors based on annual reports and reports on sustainable development of PAO Severstal. Available at: <https://severstal.com/rus/ir/indicators-reporting/#godovye-i-sotsialnye-otcheti>; *Gerdau*. Available at: <https://ri.gerdau.com/en/corporate-governance/annual-reports-and-forms/>

Таблица 5 / Table 5

Этапы оптимизации инвестиций в капитал здоровья
Stages of optimizing investments in health capital

Номер этапа	Название этапа	Описание этапа
1	Изучение состояния здоровья сотрудников	Целью этого этапа является получение объективных данных о физическом и психологическом состоянии персонала, что может быть осуществлено через проведение регулярных медицинских осмотров, анкетирование сотрудников об их самочувствии и состоянии здоровья, статистику по заболеваемости и отсутствию на работе из-за болезни
2	Определение потребностей работников	Может быть осуществлено посредством опросов, интервью и созданием фокус-групп с участием работников. Важно выяснить, какие аспекты их работы и рабочей среды они хотели бы улучшить, какие программы по поддержанию и укреплению здоровья они считают наиболее важными и интересными
3	Выявление рисков	Анализ условий труда, рабочего окружения и специфики выполняемой работы поможет выявить факторы, которые могут угрожать здоровью и благополучию сотрудников
4	Разработка и реализация программ	На основе полученной информации компания может разработать целевые программы и проекты, направленные на улучшение благосостояния сотрудников в виде программ по улучшению условий труда, обучению основам здорового образа жизни, проведения спортивных мероприятий, оказания психологической поддержки
5	Оценка результатов и эффективности программ	Расчет и оценка показателей эффективности реализации программ, корректировка их с учетом полученных результатов

Направление финансирования в проекты по улучшению благосостояния сотрудников должно базироваться на всестороннем изучении их здоровья, потребностей и определении возможных рисков.

Среди направлений развития капитала здоровья не следует пренебрегать укреплением психологического здоровья сотрудников, поскольку зачастую оно может сильно влиять на мотивацию, характер и эффективность принимаемых рабочих решений, а также эффективность взаимодействия между сотрудниками. Разработка программ комплексной психологической поддержки должна включать в себя анализ психологического климата, уровня стресса и удовлетворенности работой, внедрение программ доступа к психологу, тренингам по управлению стрессом и развитию эмоционального интеллекта, обучение руководителей методам выявления и поддержки сотрудников в стрессовых ситуациях, мероприятия по командообразованию, а также мониторинг и оценку результатов программы. В целом для оптимизации инвестиций в капитал здоровья необходимо выполнение действий, представленных в **табл. 5**.

Такой подход позволит не только эффективно распределить ресурсы компании на улучшение благосостояния персонала, но и добиться значительного положительного эффекта в виде

повышения лояльности сотрудников, снижения уровня заболеваемости и отсутствия по болезни, а также увеличения общей продуктивности работы.

Заключение

Капитал здоровья является важным фактором, который необходимо учитывать для достижения высоких производственных результатов на предприятии. В процессе проведения исследования была проверена гипотеза о влиянии инвестиций в капитал здоровья на производительность труда. С этой целью проанализированы и сопоставлены корпоративные оздоровительные программы двух крупных металлургических компаний: ПАО «Северсталь» и *Gerdau*. Результаты показали, что первая организация реализует более комплексный и системный подход в этом направлении, в то время как программа компании *Gerdau* носит более индивидуальный характер, позволяя сотрудникам самостоятельно определять ее содержание. Анализ показателей травматизма, служащих ярким индикатором вложений в безопасность труда и отношения компаний к здоровью своих работников, продемонстрировал, что единого лидера по этому показателю за весь рассматриваемый временной период не наблюдалось. Однако, как показало исследование, оба предприятия имеют

более низкие показатели по сравнению со среднеотраслевыми значениями, что свидетельствует о высоких стандартах безопасности труда на обоих предприятиях. Сопоставительный анализ по производительности труда не позволил бы достоверно интерпретировать результаты, так как компании имеют разные производственные мощности, однако анализ этих показателей в динамике показал, что на экономические ре-

зультаты предприятий оказывают сильное воздействие внешние условия. Корреляционный анализ выявил наличие слабой у ПАО «Северсталь» и средней у *Gerdaui* отрицательной связи между показателями производительности труда и уровнем травматичности. В заключение, были выработаны рекомендации по оптимизации инвестиций в капитал здоровья для повышения эффективности данных программ.

Список литературы / References

1. Fisher I. Senses of "Capital". *The Economic Journal*. 1897;7(25):199–213.
2. Spengler J.J. Adam Smith on human capital. *The American Economic Review*. 2015;57(1):32–35.
3. Becker G.S. Human capital: a theoretical and empirical analysis with special reference to education. 3rd ed. Chicago; London: The University of Chicago Press; 1954. 375 p.
4. Mincer J. Human capital and economic growth. *Economics of Education Review*. 1984;3(3):195–205. [https://doi.org/10.1015/0272-7757\(84\)90032-3](https://doi.org/10.1015/0272-7757(84)90032-3)
5. Schultz T.P. Human capital, schooling and health. *Economics & Human Biology*. 2003;1(2):207–221. [https://doi.org/10.1015/s1570-577x\(03\)00035-2](https://doi.org/10.1015/s1570-577x(03)00035-2)
6. Kiker B.F. The historical roots of the concept of human capital. *Journal of Political Economy*. 1955;74(5):481–499. <https://doi.org/10.1085/259201>
7. Grossman M. On the concept of health capital and the demand for health. *Journal of Political Economy*. 1972;80(2):223–255. <https://doi.org/10.1085/259880>
8. Cole M.A., Neumayer E. The impact of poor health on total factor productivity. *The Journal of Development Studies*. 2005;42(5):918–938. <https://doi.org/10.1080/00220380500774581>
9. Mills P.R., Kessler R.C., Cooper J., Sullivan S. Impact of a health promotion program on employee health risks and work productivity. *American Journal of Health Promotion*. 2007;22(1):45–53. <https://doi.org/10.4278/0890-1171-22.1.45>
10. Strauss J. Does better nutrition raise farm productivity? *Journal of Political Economy*. 1985;94(2):297–320. <https://doi.org/10.1085/251375>
11. Barro R.J. Health and economic growth. *Annals of Economics and Finance*. 2013;14:329–355.
12. Knowles S., Owen P.D. Health capital and cross-country variation in income per capita in the Mankiw–Romer–Weil model. *Economics Letters*. 1995;48(1):99–105. [https://doi.org/10.1015/0155-1755\(94\)00577-o](https://doi.org/10.1015/0155-1755(94)00577-o)

Информация об авторах

Алена Юрьевна Тян – ассистент, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 520052, Екатеринбург, ул. Мира, д. 19, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3106-6497>; e-mail: tian.alena@urfu.ru

Наталья Рэмовна Кельчевская – д-р экон. наук, профессор, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 520052, Екатеринбург, ул. Мира, д. 19, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7765-1846>

Information about the authors

Alena Yu. Tian – Assistant, Graduate School of Economics and Management of Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 19 Mira Str., Ekaterinburg 620062, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3106-6497>; e-mail: tian.alena@urfu.ru

Natalia R. Kelchevskaya – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Graduate School of Economics and Management of Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 19 Mira Str., Ekaterinburg 620062, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7765-1846>

Поступила в редакцию 02.07.2024; поступила после доработки 11.11.2024; принята к публикации 15.11.2024
Received 02.07.2024; Revised 11.11.2024; Accepted 15.11.2024

Рецензия на монографию Д.М. Журавлева «Стратегирование цифровой трансформации сложных социально-экономических систем»

И.А. Соколов✉

Декан факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В. Ломоносова,
научный руководитель ФИЦ «Информатика и управление» Российской академии наук,
доктор технических наук, академик РАН,
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, Российская Федерация
✉ ISokolov@ipiran.ru

Review of the monograph by Denis M. Zhuravlev “Strategizing of digital transformation of complex socio-economic systems”

Igor A. Sokolov✉

Dean of the Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics at Lomonosov Moscow State University,
Scientific Director of the Federal Research Center “Informatics and Management”
of the Russian Academy of Sciences,
Dr.Sci. (Eng.), Academician of the Russian Academy of Sciences,
1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russian Federation
✉ ISokolov@ipiran.ru

Недавно изданная монография доктора экономических наук Дениса Максимовича Журавлева представляет собой достаточно успешный пример современных междисциплинарных исследований по оценке состояния и прогнозированию динамики развития сложных социально-экономических систем на основе классических математических методов и их реализации в современных программно-компьютерных комплексах, содержащих актуальные знания о природе глобальной динамики, положения теории стратегического управления, а также практические методы системного анализа и принятия оптимальных решений в условиях неполной и зачастую противоречивой статистической информации.

Основной акцент исследования сделан на решении класса задач, связанных с феноменом цифровой трансформации сложных социально-экономических систем и создания интегрированной цифровой среды управления характеризующих ее процессов, обеспечивающей количественно обоснованное прогнозирование их взаимосвязанного развития при различных вариантах внутренних и внешних воздействий и изменений.

Одним из ключевых результатов исследования, представленного в монографии, является

содержащее детальное описание прикладных алгоритмов формализации и имитационного моделирования процесса цифровой трансформации и управления стратегическим развитием сложных социально-экономических систем. Следует отметить, что в качестве основы представленной многоаспектной концепции цифровой трансформации автором использован теоретический и методологический базис и практические подходы, разработанные в фундаментальных трудах выдающихся отечественных и зарубежных ученых в областях вычислительной математики, теории управления и системного анализа, стратегирования, математических методов прогнозирования глобальной экономической динамики, таких как академики А.А. Акаев, Ю.И. Журавлев, В.Л. Квинт, В.А. Садовничий, В.Л. Макаров, А.Д. Некипелов и многих других видных представителей соответствующих научных школ.

В этой связи важным достоинством монографии с точки зрения ее актуальности можно считать то, что заметный объем посвящен вопросам практического использования положений разработанной концепции построения экономико-математических моделей и соответствующих информационно-прогностических программных комплексов, применяемых к суще-

ствующим сложным социально-экономическим и производственным объектам национальной экономики. Учитывая текущие тенденции изменения внешних условий функционирования народного хозяйства и развития социальной сферы России, указанное достоинство монографии представляется существенной причиной ее потенциальной востребованности в среде государственного и корпоративного управления.

Несмотря на применение в исследованиях методов и средств из различных областей знаний, последовательность изложения глав монографии и структура их содержания проработаны и логически связаны. Эта связность была достигнута академическим подходом к изложению материала: переходом от фундаментальных теоретических положений к формированию методологии и далее к аргументации выбора соответствующего набора математических методов и алгоритмов для решения конкретных прикладных задач, связанных с различными аспектами стратегического управления сложными социально-экономическими системами и промышленными отраслями национальной экономики.

Первые две главы работы посвящены анализу истории и трендов социального и экономического развития общества: выполнен анализ причин трансформации глобальных экономических укладов с последующим изложением возможных изменений в системе платежей МИР-системы, представленных в фундаментальных исследованиях академика В.А. Садовниченко и работающей с ним группы ученых Московского университета. В частности, особое внимание уделено теории длинных волн Н. Кондратьева, проанализированных с применением современных методологических подходов и математических методов, представленных в трудах академика А.А. Акаева.

На основании одного из главных выводов об устройстве современного мира, заключающегося в быстром изменении внешней и внутренней среды социально-экономических систем, автором аргументирована необходимость обогащения технологий управления более широким спектром кибернетических инструментов, включающих алгоритмы анализа больших данных, технологии формирования цифровых двойников и практические инструменты количественного прогнозирования состояния процессов в сложных системах, в интегрированном итоге формирующих цифровую среду для симбиоза человеческого и интеллектуального машинного труда.

В третьей главе проанализирован и детализирован полный спектр характеристик и призна-

ков сложных социально-экономических систем, уточнены подходы к их формальному описанию в контексте применения методологии системного анализа и положений теорий стратегии и управления.

Следующие главы монографии посвящены развитию методологии стратегирования применительно к основному предмету исследования. Так, в четвертой главе тщательно рассмотрен авторский подход к цифровой трансформации сложных социально-экономических систем, основанный на развитии положений теории стратегии и, в частности, на методологии и концепциях опережающего развития, разработанных в трудах академика В.Л. Квинта. Пятая глава во многом основана на положениях школы математических методов распознавания и прогнозирования академика Ю.И. Журавлева и фактически содержит формально строгий алгоритм, позволяющий корректно сформировать матрицы состояния процессов сложной системы, провести их категоризацию, определить меры взаимного влияния и энтропию системы в целом, провести ее минимизацию и в результате построить цифрового двойника для имитационного моделирования и поддержки стратегических решений.

Содержание шестой, седьмой и восьмой глав монографии сфокусировано на математических и экономических аспектах формирования количественных моделей, применимых для описания динамики сложных систем различных типов, прежде всего, обладающих различными потенциалами самоорганизации и характерными особенностями эволюции связанных подсистем и процессов, обусловленной внутренними неравновесными изменениями и влиянием внешних воздействий. В частности, проанализированы различные классы математических методов и соответствующие алгоритмы их реализации, детально обосновано применение регрессионных моделей к количественному описанию и прогнозированию динамики сложных систем.

Представлены и проанализированы конкретные результаты, полученные в рамках практического применения моделей и компьютерного инструментария для стратегического управления процессами развития крупных сервисно-промышленных предприятий и социально-экономических систем регионов России. На основе представленных результатов детализированы различные аспекты стратегирования цифровой трансформации сложных систем подобного типа, в том числе, в части выбора оптимальных методов количественного прогнозирования и анализа динамики их развития.

В заключительной главе монографии обобщены представленные в предшествующих ее главах теоретические и методологические разработки в целях формирования системы стратегического управления опережающего развития цифровой трансформацией социально-экономических субъектов национальной экономики, что является важным практическим результатом в контексте обеспечения технологического суверенитета и информационной безопасности страны.

В целом следует подчеркнуть, что ценность и значимость монографии определяется логически увязанным междисциплинарным подходом

к исследуемому предмету наряду с тщательным профессиональным уровнем обоснования используемых теоретических положений и применяемого спектра разработанных количественных моделей, прикладных экономико-математических методов и схем управленческих решений. Исходя из этого, есть все основания полагать, что монография может быть востребована в качестве надежного методологического источника для профильной научно-исследовательской и образовательной аудитории, а также для специалистов в сфере государственного административно-хозяйственного управления и крупного корпоративного менеджмента.

Приглашение к публикации в журнале «Экономика промышленности»

Редакционная коллегия научно-практического рецензируемого журнала «Экономика промышленности» приглашает авторов – представителей научных организаций, вузов, промышленных предприятий, других организаций отраслей промышленности, а также аспирантов и соискателей, к публикации результатов своих научных исследований в очередных выпусках журнала.

Журнал «Экономика промышленности» (предыдущее название – «Экономика в промышленности») основан в 2008 г. Учредителями журнала являются Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС) и Акционерное общество «Объединенная металлургическая компания» (АО «ОМК»).

Редакционная коллегия журнала включает авторитетных и молодых российских ученых – экономистов, а также зарубежных ученых.

С составом редколлегии, политиками журнала, требованиями к статьям, с полным архивом журнала, а также с другой важной информацией можно ознакомиться на сайте журнала <https://ecoprom.misis.ru/jour>

Все поступающие рукописи проходят двустороннее слепое рецензирование.

Предметная область журнала охватывает отраслевую и региональную экономику промышленности; организацию учета, планирования, экономического анализа, вопросы маркетинга и менеджмента на промышленных предприятиях; экономические аспекты природопользования и охраны окружающей среды, подготовки и управления кадрами для промышленности и бизнеса. Основной акцент делается на таких отраслях как горная, металлургическая, машиностроительная отрасли промышленности.

Журнал с 2008 г. входит в Перечень ВАК. В 2022 г. экспертами ВАК подтверждены следующие специальности новой номенклатуры ВАК:

5.2.1 Экономическая теория

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика

5.2.4. Финансы

5.2.5. Мировая экономика

5.2.6. Менеджмент

6 сентября 2024 г. журнал вошел в базу данных RSCI и ядро РИНЦ.

Журнал выходит ежеквартально в печатном и электронном виде.

Каждой статье присваивается DOI, регистрируемый в CrossRef.

Все опубликованные статьи размещаются в открытом доступе на сайте журнала одновременно с выпуском номеров в печатном формате.

Отправить рукопись в редакцию можно через сайт журнала <https://ecoprom.misis.ru/jour/login?source=%2Fjour%2Fauthor%2Fsubmit%2F1>, предварительно пройдя регистрацию в качестве автора.

Главный редактор журнала «Экономика промышленности»

доктор экономических наук, профессор, академик

Владимир Львович Квинт

Контакты:

Ответственный секретарь журнала «Экономика промышленности»
кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Алла Борисовна Крельберг

E-mail: ecoprom.misis@mail.ru



**Журнал зарегистрирован в Федеральной службе
по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций, рег. ПИ № ФС77-82209 от 26.10.2021 г.**

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» – 82377